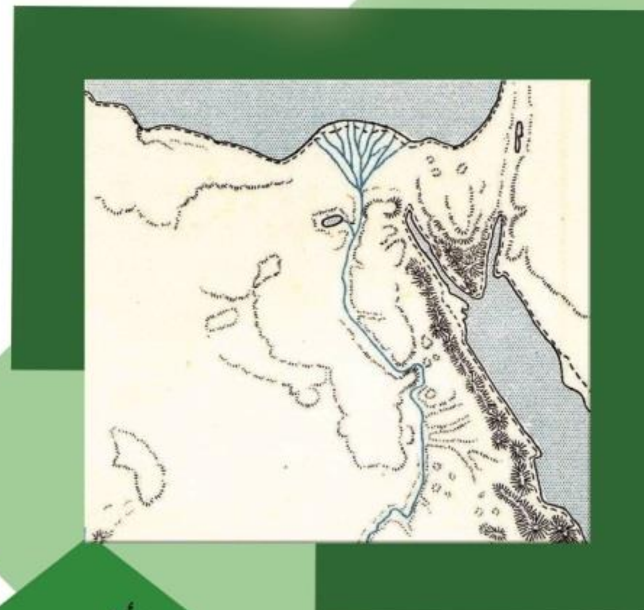
مساهمات في

جغرافية مصر



تأليف

جون بول

ترجمة

عاطف معتمد

ماجد فتحي



2020

مساهمات في

جغرافية مصر

تأليف:

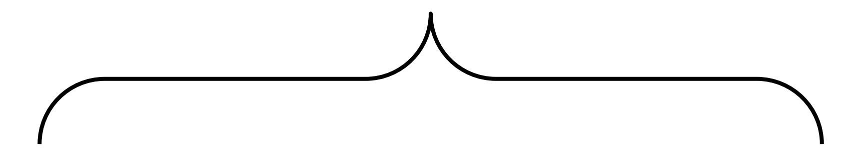
جون بول

ترجمة:

عاطف معتمد

ماجد فتحي





من إصدارات بيت الجغرافيا

العنوان : **مساهمات في جغرافية مصر**

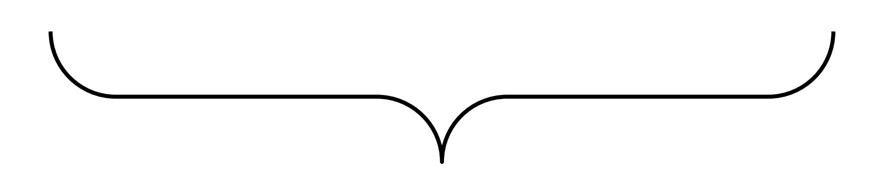
تأليف: **جون بول**

ترجمة : **عاطف معتمد، ماجد فتحي**

عدد الصفحات:٤٠٠ **صفحة**

الطبعة: **الأولى ٢٠٢٠**







جون بول (١٨٧٢ – ١٩٤١)

حائز وسام الإمبراطورية البريطانية، حاصل على درجة الدكتوراه، عضو رابطة المدرسة الملكية للمناجم، وعضو معهد المهندسين المدنيين، وزميل الجمعية الجيولوجية في لندن، وزميل الجمعية الجغرافية الملكية.

فهرس المحتويات

مقدمة المؤلف

يضم الكتاب الذي بين أيدينا نتائج سلسلة من البحوث التي أجريتها خلال السنوات الأخيرة عن عدة مسائل متعلقة بجغرافية مصر.

في الفصل الأول من الكتاب ألقيت نظرة عامة إلى مصر فيما يشبه التمهيد لبقية الفصول. وفي الفصول الثمانية التالية تناولت التغيرات الجغرافية التي شهدتها مصر في جوانب عدة هي على التوالي: تاريخها الجيولوجي؛ مدرجاتها النهرية والأدلة التي تعطيها عن تغيرات الماضي في مناسيب اليابس والماء؛ طمي المناسيب العالية (العصر السبيلي الباكر) في صعيد مصر وأدلة وجود بحيرة عظيمة سابقة في إقليم السُدّ في السودان؛ المادة الصلبة التي ينقلها النيل كحمولة مذابة وعالقة (في فصلين متتابعين)؛ الأرض الفيضية في مصر؛ التاريخ البيئي للفيوم وبحيرتها؛ وأخيرا الثروة السمكية في بركة قارون.

لقد استعنت في كتابي هذا بعديد من مصادر البيانات، ليس فقط من الدراسات المنشورة لمختلف الباحثين الذين أشرت إليهم جميعا داخل المتن، بل استفدت أيضا بعدد كبير من المصادر التي لم تُنشر بعد من بيانات الهيئات والمصالح الحكومية والتي قُدمت لي عن طيب خاطر لاستخدامها في هذا العمل. وأود أن أعرب عن عرفاني بالجميل لكل أولئك الذين ساعدوني بهذه البيانات أو بغيرها من سبل العون. وأخص بالذكر د. هَرست H.E Hurst والراحل د. فيليبس P. Phillips من مصلحة الطبيعيات اللذين أمداني بقدر هائل من بيانات الرصد الهيدرولوجي وما يرتبط به من بيانات. كما أشكر د. وليامسون W.T.H Willimson والسيد ألادجيم R. Aladjem من مصلحة الكيمياء بوزارة الزراعة اللذين لم يقدما لي فحسب نتائج العديد من التحاليل التي قاما بها في مياه النيل وغيره من المسطحات المائية في مصر بل قاما بناء على طلبي بإجراء تحاليل إضافية للإجابة على أسئلة طرأت أثناء تدوين هذا الكتاب. كما يطيب لي أن أشكر السيد هنري موصيري Mosséri الذي سمح لي بالاطلاع على بعض نتائج تحاليل كيميائية مهمة للغاية لم تنشر بعد كان قد قام بها والده الراحل السيد فيكتور موصيري، وكان لهذه البيانات أثر كبير في إلقاء ضوء جديد على تكوين المواد الصلبة التي تحملها مياه النيل كحمولة عالقة وحمولة مذابة؛ كما أتوجه بالشكر إلى د. ساندفورد من جامعة أكسفورد الذي تكرم بقراءة مسودات الفصول الثاني والثالث والرابع وأمدني بملاحظات نقدية بالغة الأهمية.

وأود أيضا أن أعرب عن شكري لمساعدي السيد فلورنس الذي قدم لي عونا مثمرا في إعداد الخرائط والأشكال التوضيحية.

چون بول

القاهرة في أبريل ١٩٣٨

مقدمة الترجمة

هذه هي التجربة الثانية المثمرة مع "چون بول"، ذلك الجغرافي الموسوعي الذي قدم لجغرافية مصر خدمات علمية غير مسبوقة. كنت قد أصدرت في عام ٢٠١٧ من خلال "بيت الجغرافيا" كتابه الشهير "مصر في كتابات الجغرافيين الكلاسيك" وهو من ترجمة عاطف معتمد وعزت زيان ومراجعة أسامة حميد. واليوم وبعد ثلاث سنوات نطرح ترجمة كتابه الثاني الذي لا يقل شهرة والمعروف باسم "مساهمات في جغرافية مصر" والذي انتهى منه چون بول في عام ١٩٣٨.

أشرت في مقدمة ترجمة كتاب "مصر في كتابات الجغرافيين الكلاسيك" إلى الصعوبات التي تكتنف نقل أعمال چون بول إلى العربية خاصة اللغة العلمية الكثيفة الجافة التي يكتب بها، والمعلومات المتكدسة التي يشحن بها فقراته وعباراته. والكتاب الذي بين أيدينا ليس استثناء، بل ربما غلبت عليه لغة التقارير والإحصاءات.

ورغم ذلك، هذا كتاب تأخر كثيرا في صدوره إلى المكتبة العربية لنفس الأسباب التي أدت إلى غياب ترجمة مؤلفاته الأخرى. وأهم هذه الأسباب هي اعتماد جيل الجغرافيين المصريين في خمسينيات وستينيات القرن العشرين على خلاصة ما كتبه جون بول ودعموا بها مؤلفاتهم الصادرة بالعربية آنذاك، فساد اعتقاد بأنهم نقلوا كل ما قدمه ذلك الرائد الكبير.

ومحاولتي هنا وضع الترجمة الكاملة التي تبلغ نحو ٤٠٠ صفحة لهذا الكتاب تكشف عن أن هذه الأعمال الرائدة التي صدرت بالعربية قبل أكثر من نصف قرن لم تنقل من جهود چون بول سوى القليل من التفاصيل التي نحتاج فهمها في جغرافية مصر.

وعلى عكس ما يبدو ظاهريا من أن أغلب معلومات هذا الكتاب تقادمت إلا أن هذه الصفة التقادمية هي التي تعطيها أهميتها في ذات الوقت، إذ صارت هذه المؤلفات في الحقيقة "وثيقة تاريخية". سنجد تلك الوثائق جلية في نظام فيضان نهر النيل في النصف الأول من القرن العشرين، والمدرجات النهرية التي كانت ماثلة للعيان زمن المؤلف وتم تسويتها واستصلاحها في الأرض الزراعية اليوم ولا يمكن التعرف عليها؛ فضلا عن المعالجة التفصيلية للفيوم وبحيرتها والتي يندر أن نجد لها مثيلا اليوم.

وجون بول جغرافي إنجليزي من زمن الاستعمار. ولد في دربي بإنجلترا عام ١٨٧٢. تلقى تعليمه ودراسته الجامعية في مجال المناجم ومد السكك الحديدية وحصل على الدكتوراه من جامعة زيورخ في سويسرا عام ١٨٩٧ في هندسة التعدين. واتجه جون بول إلى مصر للعمل في المساحة الجيولوجية التي أسسها المحتلون ومن ثم بدأ العمل في الصحاري المصرية بنشاط كبير. أثمرت دراسات جون بول عن أبحاث شتى في أقاليم مصر المتنوعة، نذكر منها أسوان والواحات الخارجة وسيناء وجنوب شرق مصر.

كان هذا الرجل مدرسة جغرافية وجيولوجية كاملة. وأسأل الله المدد والعون في إصدار بقية أعماله إلى اللغة العربية لتكون متاحة للمهتمين بجغرافية مصر.

شاركني في ترجمة هذا الكتاب السيد ماجد فتحي وهو ليس جغرافيا لكنه مترجم مجتهد لم يدخر وسعا في عمله. واستعنت بالشابين الواعدين "محمود ربيع" و"محمد وحيد" (من خريجي قسم الجغرافيا بجامعة القاهرة عام ٢٠٢٠) في مساعدتي في إعادة رسم الخرائط والأشكال وتنسيق الكتاب لإخراجه إلى القارئ العربي. وأود التنويه إلى أنه نظرا لكثافة الجداول التي جاءت في الكتاب بدرجة قد تعيق القراء والاستيعاب الانسيابي فقد أحلتها جميعا إلى قائمة ملاحق في نهاية الترجمة مع الاحتفاظ بأرقامها التي وردت بها في متن الكتاب.

وأرجو أن يكون "بيت الجغرافيا" بهذا العمل قد ساهم في تدعيم البحث الجغرافي عن مصر وقدم للباحثين مصادر مهمة لإجراء مزيد من الأبحاث المستقبلية.

والله ولي التوفيق؛

عاطف معتمد عبد الحميد

القاهرة في مارس ٢٠٢٠

الفصل الأول:

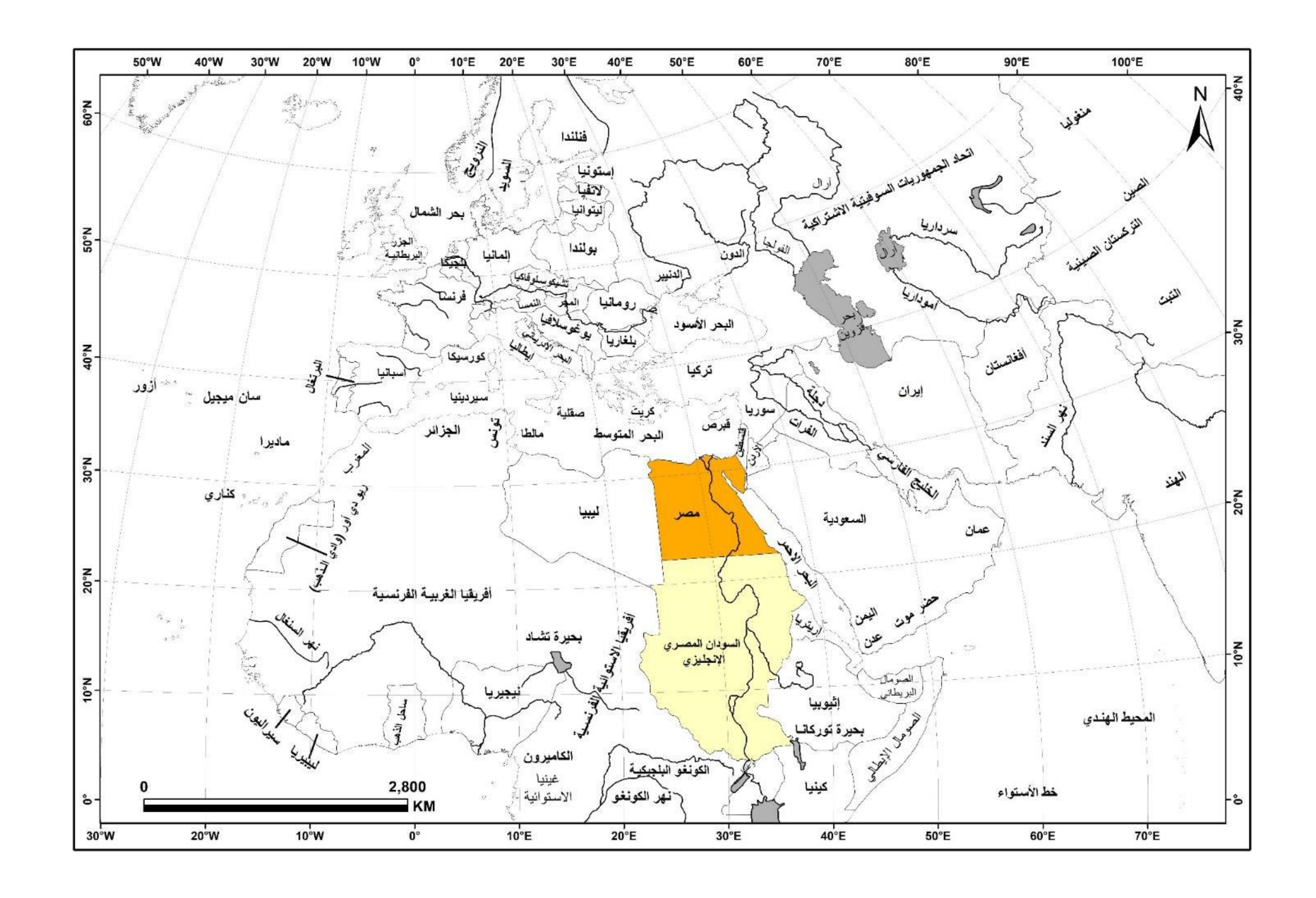
نظرة عامة إلى مصر

لا تتكون المملكة المصرية من أرض مصر الأساسية فحسب، بل تتضمن أيضا شبه جزيرة سيناء وعدداً من الجزر غير المأهولة بالبحر الأحمر. تشكل مصر الركن الشمالي الشرقي من قارة أفريقيا وتشغل نحو $^{1}/_{30}$ من المساحة الكلية للقارة، وهي مربعة الشكل تقريباً. يحدها من الشمال البحر المتوسط ومن الجنوب السودان المصري الإنجليزي، ومن الغرب مستعمرة ليبيا الإيطالية ومن الشرق فلسطين وخليج العقبة والبحر الأحمر. ويبلغ أقصى طول لها من الشمال إلى الجنوب ١٠٣٧ كم، وأقصى عرض لها من الغرب إلى الشرق ١٢٢٦ كم، وتبلغ المساحة الكلية لها نحو مليون كيلومتر مربع تقريباً.

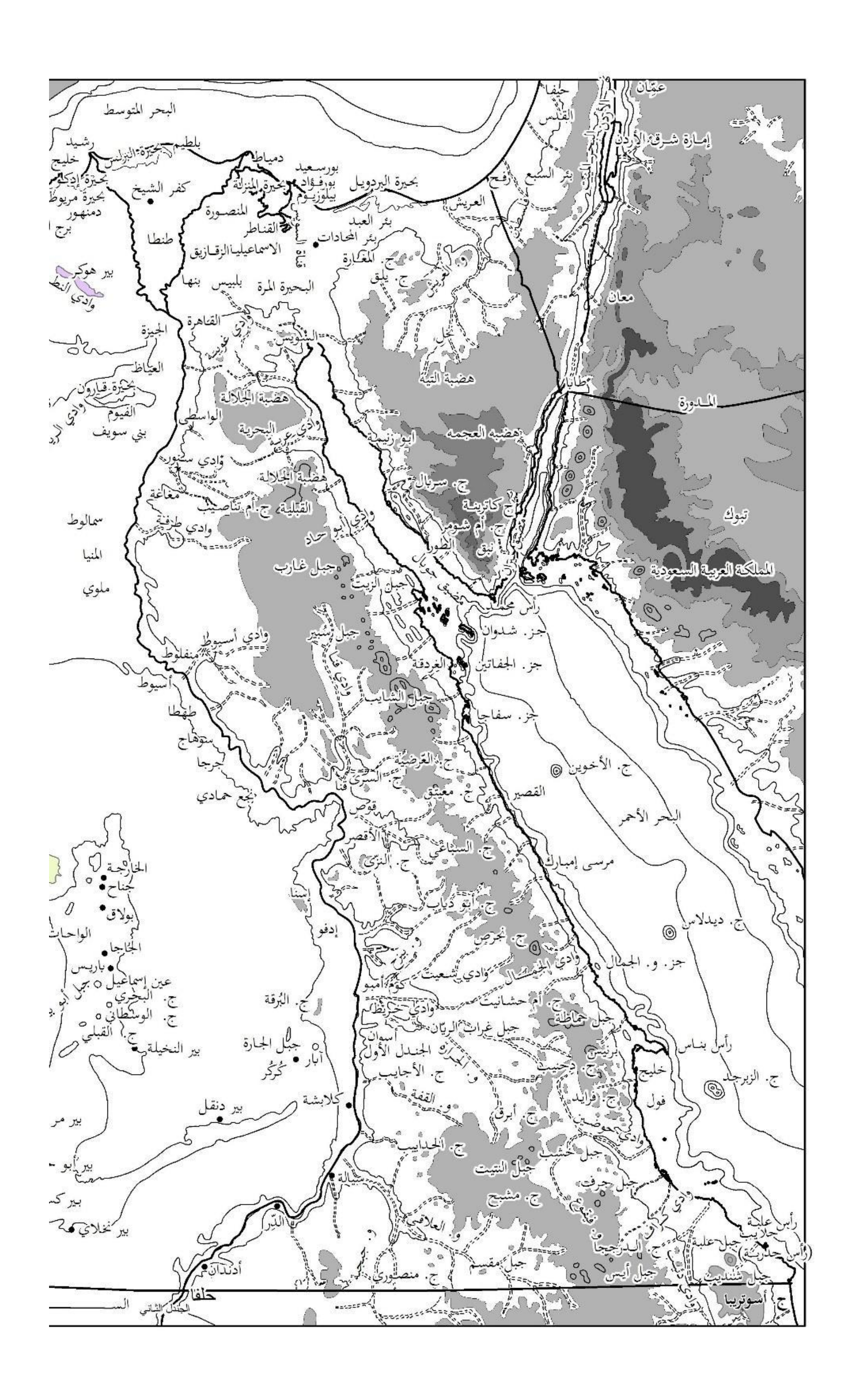
يظهر موقع مصر وحجمها النسبي جيداً مقارنة بالبلدان المحيطة بها في شكل(١)، والذي رُسم على مسقط سَمتي متساوي المساحات بحيث يعرض كل المناطق بمساحتها النسبية الحقيقية وكل الأماكن باتجاهاتها الحقيقية باتخاذ مصر مركزا للخريطة. في هذا الشكل سيلاحَظ أنه بالإضافة إلى سهولة الوصول إلى مصر عبر البحر من أقطار جنوب أوربا وغربها فإنها تقع أيضاً في منتصف الطريق البحري تقريبا من بريطانيا إلى الهند عبر قناة السويس، ويلاحظ أيضاً أن مساحتها تفوق أيَّ قطر أوربي، عدا روسيا.

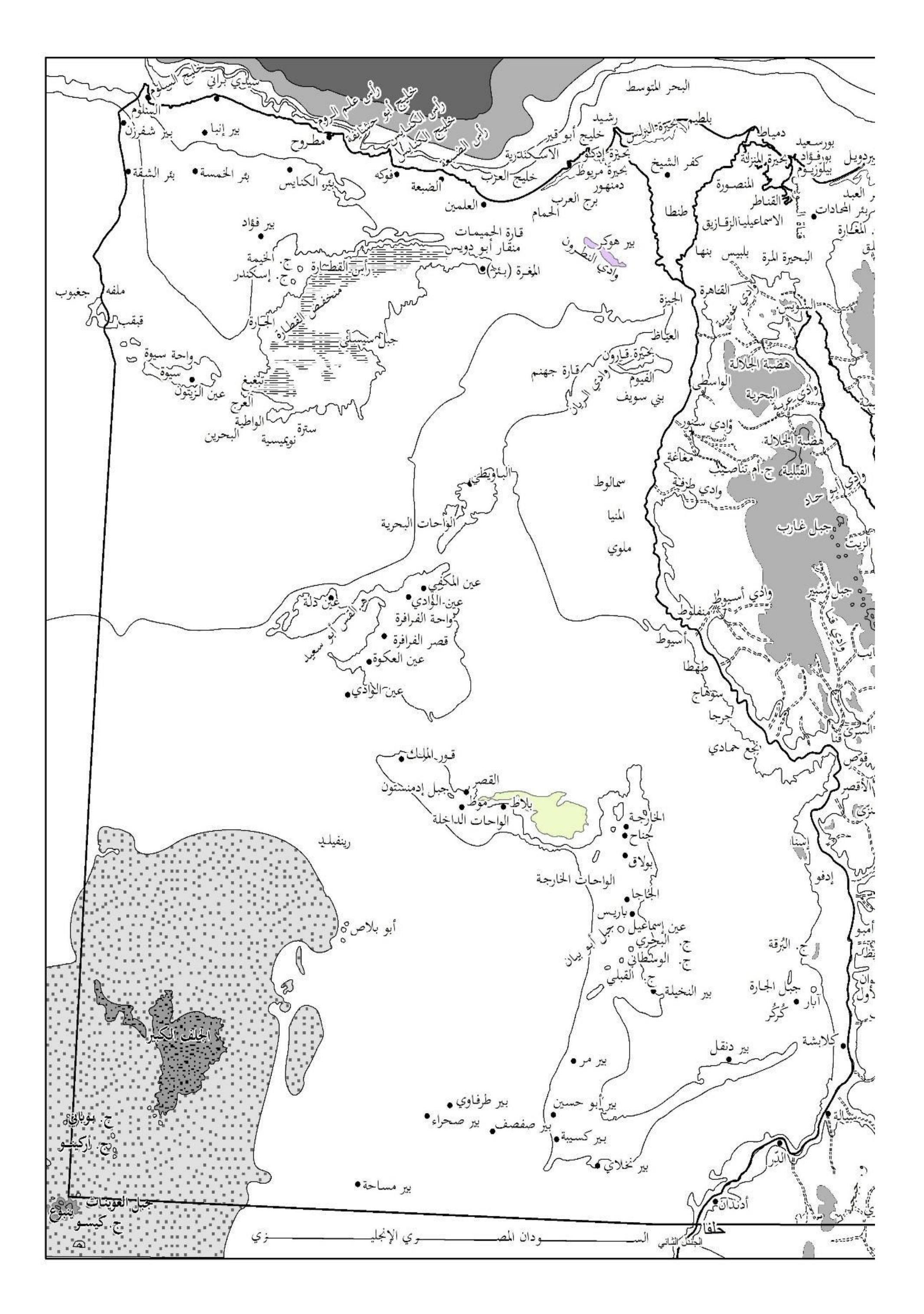
وبموقع مصر بين خطيْ عرض ٢٢ و٣٢ شمال خط الاستواء فإن معظم مساحتها يقع في المنطقة المعتدلة، ويقع أقل من ربع مساحتها جنوب مدار السرطان، وإن كانت مصر بأكملها تشكل جزءاً من نطاق الصحراء الكبرى الممتد من المحيط الأطلنطي عبر شمال إفريقيا بأكمله ثم شرقًا إلى شبه الجزيرة العربية، وتتميز مصر -مثل كل أراضي هذا الحزام -بمناخ دافئ بلا مطر تقريبا.

كثيراً ما ترتفع درجة حرارة الجو في مصر إلى أكثر من ٤٠ درجة خلال نهار الصيف، ونادراً ما تنخفض إلى درجة الصفر المئوي حتى خلال أشد ليالي الشتاء برودة، ويبلغ متوسط مقدار المطر في القطر ككل سنتيمتراً واحداً في العام. وحتى على طول ساحل البحر المتوسط –حيث تهطل معظم الأمطار– لا يتجاوز متوسط التساقط السنوي ٢٠ سنتيمتراً، وتنخفض الكمية بشكل أسرع كلما مضي المرء إلى الداخل مبتعداً عن الساحل.



منغوليا
الصين
التركستان الصينية
التبت
الهند
اتحاد الجمهوريات السوفيتية الاشتراكية
سرداريا
امودايا
ارال
بحر قزوين
الفولجا
الدون
الدنيبر
فنلندا
النرويج
السويد
إستونيا
لاتفيا
ليتوانيا
بحر الشمال
الجزر البريطانية
المانيا
بولندا
فرنسا
تشيكوسلوفاكيا
النمسا
المجر
رومانيا
يوغوسلافيا
بلغاريا
البحر الأسود
ايطاليا
البحر الادرياتي
كورسيكا
اسبانيا
البرتغال
تركيا
إيران
أفغانستان
نهر السند
أزور
سان ميجيل
سيردينيا
صقلية
كريت
قبرص
سوريا
دجلة
الفرات
ماديرا
الجزائر
تونس
مالطا
البحر المتوسط
فلسطين
الأردن
الخليج الفارسي
المغرب
كناري
ريو دي أور (وادي الذهب)
ليبيا
مصر
السعودية
عمان
أفريقيا الغربية الفرنسية
البحر الأحمر
حضر موت
اليمن
عدن
نهر السنغال
بحيرة تشاد
أفريقيا الاستوائية الفرنسية
السودان المصري الإنجليزي
إريتريا
الصومال البريطاني
نيجيريا
ساحل الذهب
إثيوبيا
بحيرة توركانا
الصومال الإيطالي
المحيط الهندي
سيراليون
ليبيريا
الكاميرون
غينيا الاستوائية
الكونغو البلجيكية
نهر الكونغو
كينيا
خط الأستواء
0
2,800
KM
N





شكل ٢: تضاريس الأراضي المصرية

وعلى ذلك، بينما يبلغ متوسط المطر السنوي للإسكندرية على البحر المتوسط ١٩ سنتيمتراً؛ فإن المتوسط في القاهرة الواقعة إلى الداخل على مسافة ١٧٠ كم تقريباً من الساحل يبلغ ٣ سنتيمترات فقط، وفي أسيوط التي تبعد بنحو ٣٠٠ كم جنوب القاهرة لا يتجاوز المتوسط نصف سنتيمتر، أما أسوان التي تقع جنوب أسيوط بحوالي ٣٠٠ كم فلا تعرف المطر قط.

وبهذا القدر الهزيل من المطر؛ فلا عجب أن معظم أنحاء مصر أراضٍ صحراوية مجدبة غير مضيافة إلى حد بعيد. ولو كان المصدر الوحيد الذي تستقي منه مصر حاجتها من المياه هو المطر، لكانت هذه البلاد بأسرها صحراء شاسعة مهجورة. لكن لحسن الحظ أن النيل يشق البلاد طولياً متجها شمالا إلى البحر المتوسط حاملا إلى مصر باستمرار كميات ضخمة من الماء المشتق من سقوط الأمطار الغزيرة على المرتفعات الاستوائية التي تقع بعيداً في أقصى الجنوب، ومن هذا النيل امتدت قنوات اصطناعية على امتداد الأشرطة الضيقة من الأرض الفيضية على كلا جانبي النهر في واديه الطويل الضيق وعلى امتداد المساحات الواسعة لمنخفض الفيوم والدلتا لتخلق من هذه الأراضي (التي لا تزيد مساحتها عن ٣% فقط من مساحة البلاد) تربة خصبة تضاهي أجود الأراضي زراعية في العالم، وبالتالي صارت هذه التربة قادرة على دعم وإعالة كثافة سكانية زراعية مزدحمة. كما يتدفق الماء العذب عبر ترع من مياه النيل إلى التجمعات السكنية على امتداد ضفاف قناة السويس، بما فيها مدن بورسعيد والاسماعيلية والسويس.

وفقا لتعداد ١٩٣٧ يبلغ إجمالي عدد سكان مصر ١٥,٩٠٤,٥٠٠ نسمة. يستقر منهم ما لا يقل عن ١٥,٧٨٣,٠٠٠ (أكثر قليلا من ٩٩% من السكان) داخل مساحة لا تزيد عن ٣٥ ألف كيلومتر مربع يتألف منها وادي النيل ومديرية الفيوم والتجمعات السكنية على طول قناة السويس. في المقابل يستوطن ١٢١,٥٠٠ من السكان (أقل من ١ %) في بقية أرض مصر بمساحة تقدر بـ ٩٦٥ ألف كم٢. وبالتالي، فإن متوسط الكثافة السكانية في الأراضي التي يرويها النيل هي بالتالي ٤٥٠ شخص لكل كم ٢، بينما في بقية البلاد –وأغلبها صحراء– يبلغ المتوسط شخصاً واحداً فقط لكل ٨ كم ٢.

يتضح على الفور مدى الصغر الشديد للجزء الخصب من البلاد مقارنة بالصحاري إذا راجعنا شكل(٢).

يشبه الشكل العام للجزء المزروع في مصر زهرة اللوتس، حيث يمثل وادي النيل الساق، والدلتا الزهرة، والفيوم البرعم.

داخل الأراضي المزروعة، تستقر العين في كل اتجاه على مستوى شاسع من الحقول البسّامة، عليها نقاط تمثل القرى وأيك النخيل ويقطعها العديد من ترع المياه الجارية، بينما الوجه السائد في الصحاري قحولة تامة من جبال وتلال جرداء وهضاب صخرية. تخترق تلك الهضاب في بقاع عديدة أودية خانقية الشكل وتجوِّفها في بقاع أخرى منخفضاتٌ واسعة أو تغطيها تراكمات هائلة من رمال تذروها الرياح. وكثيرا ما يبقى المسافر لأيام عديدة دون أن يرى عشبا أو قطرة ماء.

ويبدو الفرق واضحاً عند النظر إلى فجائية تسليم نوع من الأراضي لنوع آخر؛ إذ اللون الأخضر الدال على الزراعة يُقطع فجأة عند الحدود التي يمكن أن تُساق إليها مياه الري من النيل، وعادة ما يكون الحد بين الصحراء واللون الأخضر حاداً كما لو أنه قُدَّ بسكين. وفي الأماكن والأحياء الواقعة فقط على ساحل المتوسط – حيث قدر ملموس من سقوط المطر– توجد تقريباً سهول واسعة ومُعشَوشبة دون أشجار.

يمكن اعتبار مصر مقسمة جغرافياً إلى الأجزاء الرئيسية السبعة التالية:

١-وادي النيل ودلتاه

٢-الفيوم.

٣-قناة السويس.

٤-الصحراء الغربية.

٥-الصحراء الشرقية.

٦-شبه جزيرة سيناء.

٧-جزر البحر الأحمر.

١- وادي النيل ودلتاه

من المجرى الكلي لنهر النيل الذي يزيد طوله على ٦٧٠٠ كيلومتر من منبعه قرب بحيرة تنجانيقا حتى مصبيه في البحر المتوسط لا يقع من النيل ضمن حدود مصر إلا قطاع يبلغ طوله ١٥٣٠ كم، ولا يستقبل النهر في كل هذا الجزء من مجراه أي رافد قط.

بعد دخول النيل لمصر من السودان – شمال وادي حلفا قليلاً – يتدفق النهر لأكثر من ٣٠٠ كم في وادٍ ضيق، وتحيطه جروف من الحجر الرملي والجرانيت على كلا الجانبين قبل بلوغه الجندل الأول الذي يبدأ حوالي ٧ كم أعلى مجرى النيل قبل مدينة أسوان.

كان يمكن حتى فترة قريبة أن تُزرع القطاعات الضيقة من الأرض الفيضية على كلا جانبي النهر في المنطقة الممتدة بين وادي حلفا وأسوان، لكنها قد جفت الآن بشكل شبه تام نتيجة أن الشريط الطويل الضيق من الوادي أعلى النيل عند الجندل الأول قد تحول إلى خزان عن طريق بناء سد ضخم عبر النهر عند رأس الجندل. والجندل نفسه عبارة عن سلسلة من المنحدرات النهرية الناتجة عن تدفق النهر الذي تعوقه هناك العديد من الجزر الصخرية.

أسفل مجرى الجندل – الذي ينتهي أعلى مدينة أسوان مباشرة – يبدأ الوادي الذي يتدفق فيه النهر في الاتساع، وتزداد تدريجياً أشرطة مسطحة من الأراضي المزروعة كلما اتجهنا شمالا، وتمتد فيما بين النهر والجروف الصخرية التي تطوّق وادي النيل على كلا جانبيه.

بالقرب من إسنا، التي تبعد عن أسوان حوالي ١٢٠ كم نزولا مع النيل، تفسح الصخور الصلبة للجروف المتاخمة مجالا أوسع للصخور الجيرية. وعند قنا الواقعة على بعد ١٢٠ كم أسفل إسنا، ينثني النهر ثنية هائلة، وتحيطه جروف من الحجر الجيري ترتفع إلى أكثر من ٣٠٠ متر على كلا جانبيه. وبالقرب من أسيوط الواقعة على بعد ٢٦٠ كم أسفل قنا، يزداد انخفاض الجروف الصخرية على جانبي الوادي بشكل كبير عن مثيلاتها على الجانب الشرقي، وتستمر في الانخفاض لحوالي ٤٠٠ كم حتى الوصول للقاهرة؛ حيث ينفتح الوادي على الدلتا.

يبلغ متوسط اتساع الأرض الفيضية المسطحة لوادي النيل بين أسوان والقاهرة حوالي عشرة كيلومترات، ومتوسط اتساع النهر نفسه حوالي ثلاثة أرباع الكيلومتر. من

الملاحظ أن النيل على امتداد مجراه بين أسوان والقاهرة، ينزع إلى شغل الجانب الشرقي من واديه، وهو ما يجعل الأراضي المنزرعة غرب النهر أكثر اتساعاً في الأغلب من تلك الموجودة في الشرق. وفي الحقيقة في بعض المناطق يلامس مجرى نهر النيل أقدام الجروف الشرقية حتى ليبدو أنها يغسلها في أجزاء عديدة من الوادي.

يمكن رؤية مصاطب حصوية متاخمة للنهر محتوية على أدوات من حجر الصوان عند ارتفاعات أعلى بكثير من مستوى الأرض المزروعة، والتي تدل على أن النهر قد تدفق في عصور ما قبل التاريخ عند مستويات أعلى مما عليه الآن.

بعد اجتيازه القاهرة، يسلك النيل اتجاها شماليا غربيا لحوالي ٢٠ كم، ثم ينقسم إلى فرعين كل منهما يتعرّج على حدة عبر الدلتا حتى البحر المتوسط. يصب الفرع الغربي، الذي يبلغ طوله ٢٣٩ كم، في البحر المتوسط عبر رشيد. أما الفرع الشرقي، الذي يزيد طوله عن فرع رشيد بمقدار ٦ كم، فيخرج للبحر عند دمياط.

تبلغ مساحة دلتا النيل حوالي ٢٢ ألف كم٢. ومع ذلك، فإن نصف هذه المساحة فقط هو المزروع حالياً، والباقي الذي يتضمن في معظمه الجزء الشمالي منها عبارة عن بحيرات ومستنقعات ضحلة واسعة ويتكون إلى حد ما من أرض ملحة منخفضة المستوى لم تُستصلح بعد.

وبسبب الطبيعة الموسمية لسقوط الأمطار الاستوائية التي يأخذ منها النيل إمداداته؛ يتباين حجم المياه الذي يحمله النهر وفق الموسم السنوي، إذ يخضع منسوبه في كل عام لزيادة وانخفاض مقدارهما عدة أمتار.

يصفو الماء عندما ينخفض مستوى النهر، لكنه يتعكر خلال مرحلة الارتفاع أو الفيضان ويصبح لونه بنياً ضارباً إلى الحمرة؛ نتيجة لوفرة المادة المعدنية الدقيقة التي يحملها النهر عبر الروافد القادمة من المرتفعات البركانية الإثيوبية. كثيراً ما يصل وزن نسبة المادة العالقة في مياه النيل عند وادي حلفا خلال ارتفاع مرحلة الفيضان إلى ما يزيد على جزئين في الألف. وبفضل ترسب هذه المادة العالقة على السهول الفيضية يعود للنهر الفضل الكامل في خصوبة التربة الزراعية في وادي النيل ودلتاه خلال سلسلة متعاقبة طويلة من الفيضانات السنوية عبر الزمن، ولا تزال التربة تستقبل سنوياً إضافة ضئيلة بفضل ترسيب ما تحمله مياه الري الذي تسوقه إليها الترع القادمة من النهر.

من الناحية العملية، تترامى كل المدن والقرى في مصر في وادي النيل ودلتاه. فالقاهرة مثلا– عاصمة البلاد ومقر الحكم – تقع على النهر في النقطة التي يبدأ عندها النهر في الانفتاح على الدلتا. وهي تعد أكبر مدينة في إفريقيا، ويبلغ عدد سكانها (حسب تعداد عام ١٩٣٧) نحو ١,٣٠٧,٤٠٠ نسمة. يقع الميناءان البحريان الرئيسيان – الإسكندرية وبور سعيد – في الركنين الغربي والشرقي من الدلتا على الترتيب. وتُعد الإسكندرية (بعدد سكاني يبلغ ٦٨٢,١٠٠ نسمة) مركزا تجاريا رئيسيا لتجارة الاستيراد والتصدير للبلاد، بينما تستمد بورسعيد أهميتها (١٢٦,٩٠٠ نسمة) من كونها الملتقى الرئيس لكل السفن التجارية بين أوربا والشرق عن طريق قناة السويس. ومن أشهر مدن الدلتا: طنطا (٩٤,٤٠٠ نسمة) المنصورة (٦٨,٦٠٠ نسمة) دمنهور (٦١,٨٠٠ نسمة) الزقازيق (٥٩,٣٠٠ نسمة) دمياط (٤٠,٥٠٠ نسمة). أما المدن الرئيسة في وادي النيل حسب ترتيب موقعها جنوب القاهرة فهي: بني سويف (٤٥,٢٠٠ نسمة)، المنيا (٥٠,٧٠٠ نسمة)، أسيوط (٥٩,٩٠٠ نسمة)، سوهاج (٣١,٩٠٠ نسمة)، قنا (٣٤,٤٠٠ نسمة)، الأقصر (٢٠,٨٠٠ نسمة)، أسوان (٢٢,٢٠٠ نسمة).

وترتبط كل المدن والقرى الرئيسية في الوادي والدلتا بخطوط السكة الحديد والطرق البرية. وعادة ما تشغل الطرق البرية جسور الترع. وفيما بين أسوان ووادي حلفا –(المدينة الواقعة في أقصى شمال السودان المصري الإنجليزي) لا توجد سكك حديدية ولا حتى طريق بري مباشر، بل يتم الاتصال بين المدينتين عبر السفن التجارية النهرية. ويتحقق قدر كبير من التجارة الداخلية بين المدن والقرى الواقعة على النهر وعلى الترع الرئيسية في مصر عن طريق مراكب صغيرة تستخدم الرياح الشمالية السائدة في صعود النهر وتستغل تيار النهر للتحرك نزولا معه.

التحكم الاصطناعي في النيل

منذ العصور الحجرية الحديثة فيما قبل التاريخ، اعتمد المزارعون الأوائل على التدفق الطبيعي للنيل في موسم الفيضان لري أراضيهم وبذر محاصيلهم في الأرض المشبعة بالماء بمجرد انحسار الفيضان في الخريف، ثم يجمعون محاصيلهم في الربيع أو بداية الصيف. لكن الإنسان اكتشف عند فجر التاريخ أن بوسعه الحصول على نتائج أفضل عن طريق الرفع الاصطناعي لضفتي النهر بحيث تحجز تدفق مياهه إلى القنوات بينهما، وتسمح لمياهها بالدخول إلى الأرض عند ارتفاع منسوب النهر عبر فتحات عُملت مؤقتاً في ضفاف النهر، ثم قسم الإنسان هذه الأراضي – عن طريق سدود ترابية – إلى أحواض يمكن

الاحتفاظ داخلها بمياه الفيضان لحوالي ٤٠ يوما، قبل أن يسمح للمياه بالعودة مجددا إلى النهر حين يكون مستواه قد انخفض.

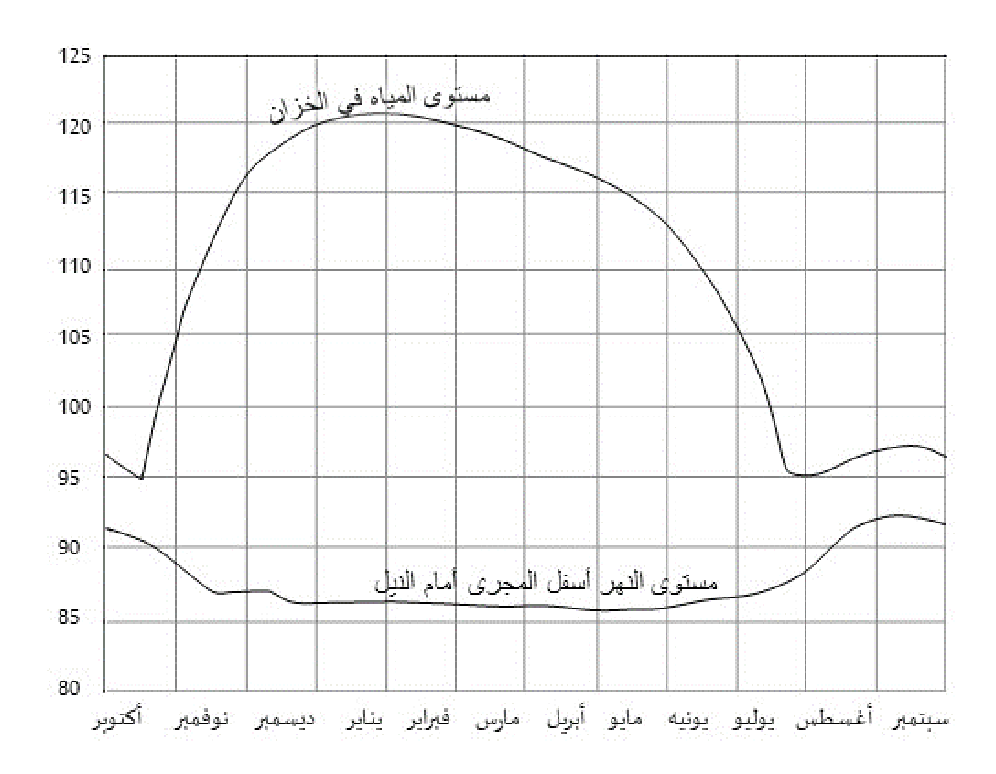
هذه الطريقة القديمة المعروفة بـ " ري الحياض " لا تزال تطبق على نسبة كبيرة من الأراضي في صعيد مصر، لكن يجري حالياً استبدالها بطريقة أخرى تسمى "الري الدائم"، والذي تكمن فائدته في أنه يعطي إمكانية زراعة نوعين مختلفين – أو حتى ثلاثة– من المحاصيل كل عام بدلا من محصول زراعي واحد كما في الطريقة القديمة.

يتطلب هذا النمط أن تكون مصادر الري دائمة على مدار العام، بدلا من توافرها فقط في موسم ارتفاع النيل. ولكي نحقق هذا الشرط، كان من الضروري التحكم في تدفق النيل بحيث لا نضمن فقط كميات متزايدة من الماء في فترة انخفاض النيل (التحاريق)، بل والحصول على ارتفاع كاف لمستويات النهر عند النقاط التي تأخذ منها قنوات الري، للسماح بمرور كمية مناسبة من مياه النهر إليها.

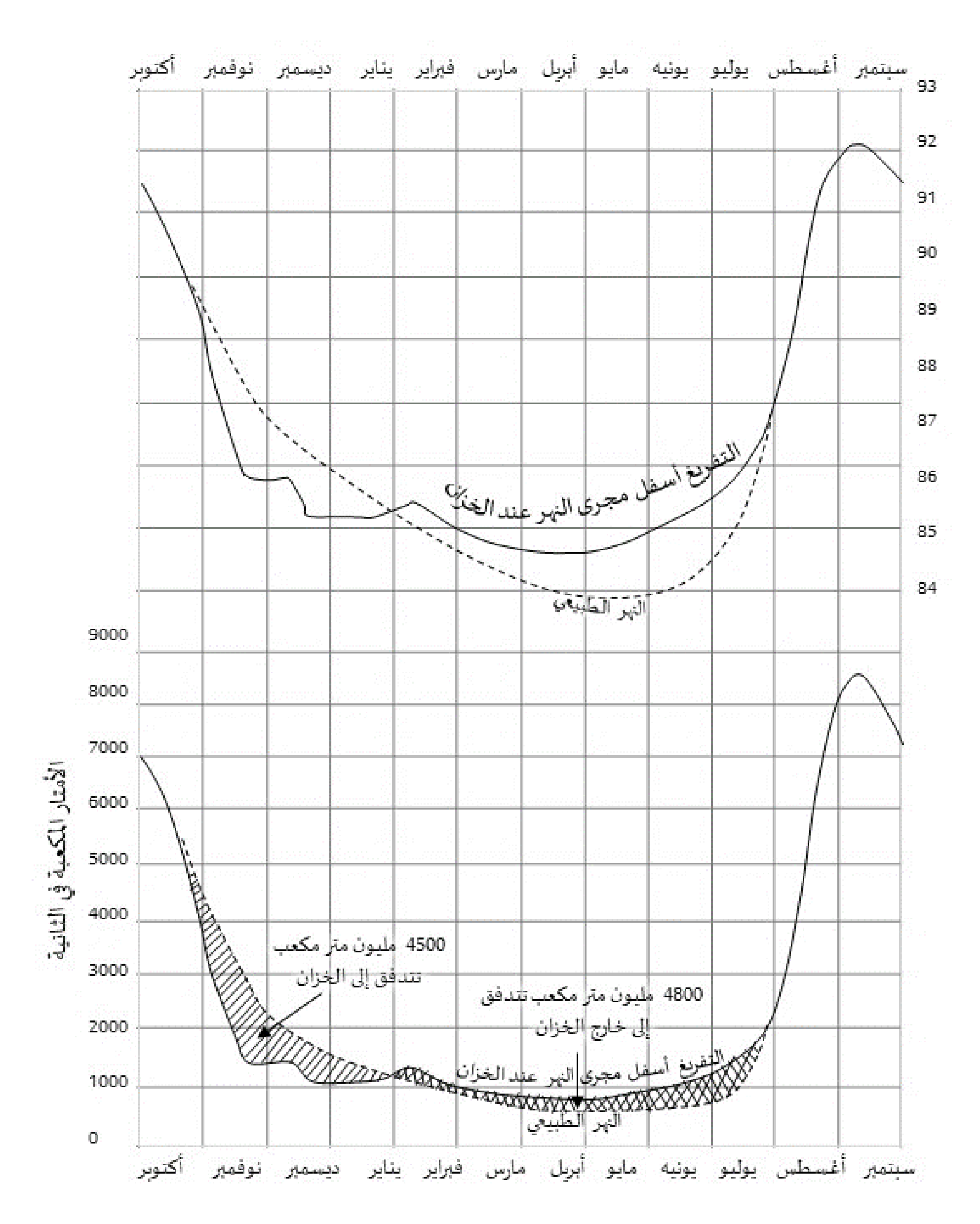
تم الوفاء بأول هذه المتطلبات (تأمين كميات مياه متزايدة من النهر في فترة انخفاضه) وعن طريق بناء سد هائل على النهر عند أسوان، ومزود بعدد ضخم من البوابات التي يمكن فتحها بحيث تسمح بمرور التدفق الكلي للنهر عند ذروة موسم الفيضان، ثم تُغلق إغلاقاً جزئياً؛ بحيث تحول شريطاً ضيقاً من الوادي بجنوب أسوان إلى خزان قادر على الاحتفاظ بحوالي ٥ كم^{٣} من المياه التي كان من المفترض أن تفيض إلى البحر وتضيع هناك سُدىً.

وتزداد إمدادات الماء (خلال أشهر التحاريق) عن طريق التفريغ التدريجي لهذه المياه المخزونة في النهر. ويوضح الشكلان (٤ و٥) أثر السد على مستويات المياه وتفريغ النهر عند أسوان خلال عام كامل. ويتبين من شكل (٤) أنه عندما يمتلئ الخزان فإن مستوى الماء فوق السد يكون أعلى بمقدار ٣٧ متراً تقريباً مقارنةً بمستواه في أسفل مجرى النهر أمام السد. أما في الشكل (٥) فيلاحظ أن متوسط المنسوب الأدنى للنيل أسفل مجرى النهر أمام السد قد ارتفع بحوالي ٦٠ سنتيمتراً وأن متوسط تفريغ النيل في فترة التحاريق قد ازداد بحوالي خمسين في المائة.

إن السبب في الإبقاء على بوابات الخزان مفتوحة بالكلية خلال شهري أغسطس وسبتمبر والنصف الأول من أكتوبر هو أنها بذلك تسمح لفيضان النيل أن ينساب بحرية خلال هذه الشهور، حيث يحمل النهر وقتئذ كميات كبيرة من الطمي في شكل حمولة عالقة، وبالتالي فإن احتجاز مياه النهر خلال هذه الفترة سيسبب تراكم الطمي وراءه تدريجياً.



شكل ٤: مناسيب المياه في خزان أسوان وأسفل المجرى على مدار السنة



شكل ٥: أثر خزان أسوان في تصرف المياه على مدار السنة.

أما المتطلب الثاني للري الدائم فهو التعامل مع النهر في مرحلة المناسيب الدنيا لمياه النيل بما يسمح بتدفق المستلزمات المائية الوافية لتصل إلى رؤوس قنوات الري على مدار العام، وقد تحقق ذلك عن طريق بناء قناطر عبر النهر عند عدد من المواقع على مجرى النهر أسفل أسوان. أولى هذه القناطر المنشأة لتحقيق هذا الغرض – بالترتيب حسب موقعها من شمال أسوان – هي قناطر نجع حمادي، والثانية عند أسيوط، والثالثة (المعروفة بقناطر الدلتا) توجد قرب رأس الدلتا بعد النقطة التي يتفرع عندها النهر إلى فرعين بقليل، والرابعة عند زفتى، على فرع دمياط.

في إسنا – الواقعة بين أسوان ونجع حمادي –أُنشئت قناطر لغرض مختلف، وهو ضمان مستوىً عالٍ ووافٍ للنهر في ذلك المكان خلال موسم الفيضان لأراضي الحياض في صعيد مصر حتى تستقبل إمدادات مناسبة حتى أثناء سنوات انخفاض فيضان النيل. وكذلك تؤدي قناطر نجع حمادي وأسيوط نفس الغرض بالإضافة إلى أداء وظيفتهما الأساسية في زيادة مناسيب سطح النهر وقت التحاريق. ولأن قناطر نجع حمادي وأسيوط أُنشِئتا فقط من أجل رفع مستويات الماء على جانبي مجرى النهر في موقعهما لحوالي ثلاثة أو أربعة أمتار، فإن كتلة القناطر البنائية أقل حجما من خزان أسوان ولكنهما تتشابهان معه في تجهيزهما ببوابات ذات كفاءة تسمح عند فتحها بشكل تام بمرور التصرف الكامل للنهر خلال مرحلة الفيضان.

يتم الحصول على التحكم الإضافي في مناسيب النهر في الجزء الشمالي من الدلتا في مرحلة التحاريق عن طريق بناء سدود ترابية مؤقتة عبر فرعي دمياط ورشيد على مسافة ٣٥ كم جنوب المصبَّين، وبالتالي تكبح خروجها إلى البحر وينتج عن ذلك أن ترتفع المياه وراء تلك السدود متراً أو أعلى فوق المنسوب الطبيعي للماء في فترة التحاريق. يُغلق سد فرع رشيد عامة في أبريل، ويُفتح عند الاقتراب الأول لفيضان النيل (في شهر يوليو عادةً)، بينما يُغلق سد فرع دمياط في منتصف شهر مارس ويفتح في منتصف أغسطس تقريباً. وبالتالي، خلال ثلاثة أشهر في العام لا يكون هناك أي تدفق زائد من النيل إلى البحر على الإطلاق.

٢- الفيوم

الفيوم منخفض عميق في الصحراء يبعد حوالي ستين كيلومتراً جنوب غرب القاهرة، غير بعيد عن غرب وادي النيل الذي يتصل به عبر فتحة ضيقة في تلال صخرية. في الجزء الأدنى من منخفض الفيوم توجد بحيرة ضحلة مالحة، على منسوب ٤٥ متراً دون مستوى

سطح البحر. تبلغ مساحة البحيرة ٢٠٠ كم٢ وتسمى بركة قارون. ولكن نسبة المساحة الباقية (١٧٠٠ كم٢) من قاع المنخفض - الذي ينحدر في اتجاه شمالي غربي من مستوى يبلغ ٢٣ متراً فوق سطح البحر نحو البركة - فيتكون في مجمله من تربة فيضية خصبة، يزرع منها أكثر من ١٣٠٠ كم٢، مستمدة مياهها من الترع التي تدخل المنخفض من النيل عن طريق الفتحة التي ذكرناها سابقاً.

وفقا لتعداد ١٩٣٧ يسكن الفيوم نحو ٦٠١,٩٠٠ نسمة. ويبلغ عدد سكان عاصمة الإقليم "مدينة الفيوم " ٦٣,٦٠٠ نسمة. يتصل منخفض الفيوم بالقاهرة عبر السكك الحديدية، وهناك أيضاً خط حديدي يصل بينها وبين المدن الأخرى في المديرية. وما يتميز به منخفض الفيوم مناسيب قديمة مرتفعة عن المستوى الحالي لبركة قارون، تضم هذه المناسيب شواطئ قديمة تحوي أدوات من حجر الصوان وبقايا أخرى للإنسان البدائي، مما يثبت أن البحيرة وصلت إلى ارتفاعات أعلى بكثير، وأنها كانت في عصور ما قبل التاريخ أكبر عن مساحتها الحالية.

٣- قناة السويس

تمتد قناة السويس في اتجاه شمالي وغربي بين السويس وبورسعيد فاصلة أرض مصر الأساسية عن شبه جزيرة سيناء. يبلغ الطول الكلي للقناة (بما فيها الترع ذات المداخل العميقة) ١٧١ كم. أما اتساعها– حسبما قيس عند عمق ١٠ أمتار تحت سطح البحر – فيبلغ ٦٠ متراً، ويبلغ عمق المياه ١٣ مترًا.

تم افتتاح قناة السويس للمرور البحري أول مرة عام ١٨٦٩ بعد أن استغرق حفرها عشر سنوات من الحفر والتشييد، وتشكل قناة السويس الطريق الدولي الرئيسي للتجارة البحرية بين أوربا والشرق. يبلغ متوسط معدل المرور اليومي عبرها حوالي ١٨ سفينة. يتكون المكان الذي شُقت عبره القناة من صحراء رملية منخفضة وبحيرات ضحلة. وبالإضافة إلى بورسعيد الواقعة على الطرف الشمالي للقناة، تقع على الضفة الغربية للقناة كل من الاسماعيلية (٣٤,٩٠٠ نسمة) والسويس (٤٩,٧٠٠ نسمة). ولا توجد تجمعات سكنية ذات أهمية على الضفة الشرقية باستثناء بورفؤاد الواقعة قبالة بورسعيد، والتي أسستها شركة قناة السويس حيًا سكنيًا لموظفيها، فضلا عن بلدة "القنطرة" التي تعد نقطة بداية خط السكة الحديدي المار عبر سيناء إلى فلسطين.

٤- الصحراء الغربية

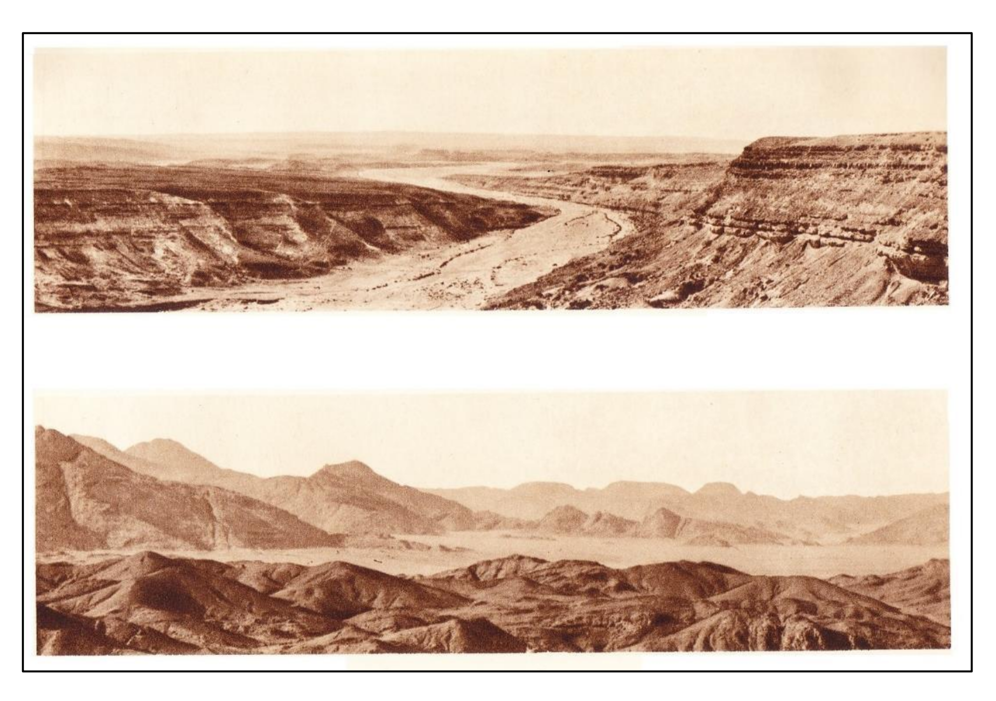
تمتد صحراء مصر الغربية من غرب وادي النيل حتى حدود مستعمرة ليبيا الإيطالية، وتبلغ مساحتها –باستثناء الفيوم – حوالي ٦٨١,٠٠٠ كم٢، أو أكثر من ثلثي المساحة الكلية للمملكة المصرية. وهي تشكل الجزء الشمالي الشرقي من صحراء ليبيا الكبرى. تعد صحراء مصر الغربية واحدة من أكثر المناطق جفافا في العالم، وفي هذه الصحراء تتباعد موارد المياه مئات الكيلومترات عن بعضها البعض. يتكون سطحها في مجمله من هضاب صخرية جرداء وصخور شاهقة وسهول رملية بالإضافة إلى القليل من أودية تصريف مائي قديم.

ولا تُشاهَد الجبال الكبرى سوى في أقصى الركن الجنوبي الغربي، حيث ترتفع قمم جبل العوينات إلى ما يزيد عن ١٨٠٠ متر، حتى مسارات الأودية تمتد من هذه القمم لمسافة قصيرة وبالتالي لا تصل إلى وادي النيل أو البحر المتوسط. في الأجزاء الشمالية والوسطى من الصحراء الغربية، تُقطع أسطح الهضاب عبر فوهات منخفضات كبرى يبلغ امتداد بعضها مئات الكيلومترات، وتنزل - كثيراً بجروف شديدة الانحدار – لأعماق تبلغ أكثر من مائتي متر تحت مستوى الهضبة العام. بعض من هذه المنخفضات صالح للسكنى الدائمة لأنه يحوي مخزونا من المياه الارتوازية التي يمكن استخدامها لري جزء صغير من المساحات في أراضيها. هذه المنخفضات الصالحة للسُّكنى تسمى واحات. الخمس واحات الرئيسة في الصحراء الغربية هي: سيوه (بعدد سكاني ٤٠٠٠ نسمة)، الواحات البحرية (٦٤٠٠ نسمة)، الفرافرة (٦٧٠ نسمة)، الداخلة (١٩,٥٠٠ نسمة)، والخارجة (٩٦٠٠ نسمة)، وتلك الأخيرة هي الوحيدة التي تتصل بوادي النيل عبر السكك الحديدية. لا تحتوي المنخفضات الأخرى إلا على بحيرات ومستنقعات ملحية وبالتالي فهي غير مأهولة بالسكان. ويعد منخفض القطارة أكبر وأعمق منخفضات الصحراء الغربية على الإطلاق، والذي يغطي قاعه جزئياً مستنقع ملحي شاسع، ويصل أقصى عمق له إلى ١٣٤ متر تحت مستوى سطح البحر المتوسط.

وهناك نسبة هائلة من سطح الصحراء الغربية تحتلها تراكمات من رمال تذروها الرياح، وفي بعض الأجزاء تتخذ هذه التراكمات شكل خطوط طويلة متوازية من الكثبان الرملية المرتفعة صعبة الاجتياز، بينما في أماكن أخرى تشكل فقط سهولاً رملية شاسعة ومتماوجة.



شكل (٦) مشهد الأرض في الصحراء الغربية



شكل (٧) مشهد الأرض في الصحراء الشرقية



شكل (٨) وادي فيران، مثال لأودية سيناء

٥- الصحراء الشرقية

تمتد صحراء مصر الشرقية من شرق وادي النيل حتى قناة السويس والبحر الأحمر، وتبلغ مساحتها حوالي ٢٢٣,٠٠٠ كم[٢]. وكما تُشاهَد من وادي النيل، تبدو الصحراء من النظرة الأولى مشابهة للصحراء الغربية، فالجروف على جانبي النهر كثيراً ما تماثل بعضها البعض، لكن من جهة النهر من الملاحظ أن الجروف تقطعها مداخل أكبر حجما وأكثر عدداً من مثيلاتها في الصحراء الغربية، وبفحص هذه المداخل الشرقية نجد أنها مصبات أودية جافة والتي يمكن تتبعها لمسافات طويلة تزيد في الأغلب عن مائة كم حتى الوصول لمنابعها في سلاسل الجبال العالية بالقرب من البحر الأحمر. وفي مسارها من سلاسل الجبال حتى وادي النيل تتصل هذه الأودية من كلا جانبيها بروافد أخرى، تشق الهضاب التي تقع بين سلسلة الجبال والنهر.

تتكون الصحراء الغربية أساساً من سلسلة كبرى من الجبال الشاهقة تمتد تقريباً موازية للبحر الأحمر على مسافة صغيرة نسبيا من الساحل، وتحيط بها من الغرب والشمال هضاب حادة التقطيع أقل ارتفاعاً. تصل العديد من قمم السلاسل الجبلية إلى ارتفاعات أكثر من ١٥٠٠ متر فوق سطح البحر، وأعلى قمتان هما جبل الشايب (٢١٨١ متر) وجبل حماطة (١٩٧٨ متر).

وفي تباين واضح بينها وبين الصحراء الغربية (التي يستطيع المسافر أن يرتحل خلالها في أي اتجاه حسبما يرغب)، فإن الصحراء الشرقية في المقابل جبلية للغاية في بعض أجزائها، وكذلك تقطعها أودية حادة عميقة في بقية البقاع، حتى أن المسافر خلالها محكوم بالتزام السير في ممرات بطون الأودية. القليل جدا من أودية الصحراء الشرقية نقل سيول المياه الجارية في الوقت الحالي، بل ولفترات قصيرة فقط بعد السقوط الاستثنائي لأمطار غزيرة في الجبال تحدث على فترات متقطعة تباعد بينها سنوات عديدة. لكن العديد من تلك الأودية يحتوي على بعض أعشاب خضراء ، وهذه بالتالي توفر الحياة للبدو وتضمن المرعى للإبل والأغنام.

وفي أغلب الأحوال لا تزيد المسافة إلى أي من مصادر المياه (الينابيع والبرك الصخرية في الجبال والآبار الغائرة في قيعان الوادي) عن خمسين أو ستين كيلومترا، ولكن لأن الأمطار

هي مصدرها الرئيسي فغالباً ما لا تكفي إلا بالكاد لتلبية احتياجات السكان البدو وثروتهم الحيوانية.

لا يوجد مكان في الصحراء الشرقية تتوافر فيه أي مصادر ارتوازية مثل تلك التي توجد في واحات الصحراء الغربية، وبالتالي لا يمكن ممارسة أي نشاط زراعي إلا في أماكن محدودة، وحتى في تلك الأماكن يمكن زراعة أفدنة قليلة في معظم الأحوال. يلتزم السكان المستقرون في الصحراء الشرقية بالمعيشة في القليل من الأماكن على ساحل البحر الأحمر أو بالقرب منه حيث يتم التنقيب عن الفوسفات والمعادن الأخرى أو التنقيب عن البترول، مثل القصير (بعدد سكاني ٤٧٨٠ نسمة) وسفاجا (٣٥٠ نسمة)، والغردقة (٣٨٩٠ نسمة). وفي هذه الأماكن وجب اللجوء إلى تحلية مياه البحر لتوفير مياه الشرب للعمال.

٦- شبه جزيرة سيناء

تبلغ مساحة شبه جزيرة سيناء ٦١ ألف كم[٢] وتفصلها عن الصحراء الشرقية قناة السويس وخليج السويس. يتكون جنوب سيناء من مجموعة من الجبال تفوق مناسيبها بقية الجبال المصرية، خاصة جبل كاترين (٢٦٣٩ م)، أم شومر (٢٥٨٦ م)، جبل الثبت (٢٤٣٩ م). تحيط بهذه الكتل الجبلية في الشمال هضبةٌ ضخمة تنحدر من ارتفاعات تصل لأكثر من ١٠٠٠ متر نازلةً إلى البحر المتوسط، وتشغل مساحة هذه الهضبة ثلثي شبه الجزيرة. يقطع البقعة الجبلية في الجنوب أودية حادة عميقة شبيهة بالأخاديد، تصرِّف من ناحية إلى خليج السويس ومن الناحية الأخرى إلى خليج العقبة. لكن أودية الهضبة الشمالية – التي يتجه مسار معظمها شمالاً إلى البحر المتوسط – تعد أكثر ضحالة وأكثر انفتاحاً.

يتسم وادي العريش بأنه حوض كبير يشغل مساحة كبيرة من الهضبة الشمالية وينتهي إلى البحر المتوسط قرب مدينة العريش. وعلى امتداد الساحل بين العريش وقناة السويس تمتد رقعة واسعة من الكثبان الرملية المرتفعة، والتي يُمتص فيها قدر كبير من مياه الأودية القادمة من الجنوب مباشرةً من داخل شبه الجزيرة، وبذلك فإن الماء الممتص يعمل على توفير مصدر للعديد من الآبار وأيك النخيل الواقعة في الفجوات وبين الكثبان يفوق معدل سقوط الأمطار هنا (على ضآلته) معدل سقوطها في صحراء مصر الشرقية والغربية، وبالتالي تتسم مصادر المياه والغطاء النباتي هنا بأنها أكثر وفرة.

وفي الحقيقة، تمثل أجزاء عديدة من سيناء خصائص مميزة للبرية الطبيعية أكثر مما تمثله الصحراء الحقيقية. وهناك قدر من النشاط الزراعي في بعض الأماكن خاصة على

ساحل البحر المتوسط بالقرب من حدود فلسطين حيث تكون الأمطار أكثر غزارة من أي مكان آخر. لا تحتوي سيناء على مدن ذات حجم ملحوظ، والمدينتان الرئيسيتان فيها هما: العريش (بعدد سكاني ٩٦٤٠ نسمة) وتعد مقر الحكومة في شبه جزيرة سيناء وتقع على خط السكة الحديد الذي يصل بين مصر وفلسطين، والطور (بعدد سكاني ٣٥٠ نسمة) وهو ميناء بحري صغير يطل على خليج السويس يعمل كمحطة للحجر الصحي. كما يوجد تجمع سكني صغير في مرسى أبوزنيمة (في منتصف الطريق بين السويس والطور) وقد تأسس كحلقة اتصال بمناجم المنجنيز في أم بُجمة الواقعة غير بعيد عنها إلى الشرق.

جزر البحر الأحمر

أشهر الجزر المصرية في البحر الاحمر هي: أشرافي، جوبال، قَيسوم، الطويلة، أم الحيمات، الجفاتين، شدوان، سفاجا، الأخوين، دايدالوس، سانت جون. وهذه الجزر قليلة الأهمية إلا بالنسبة للملاحين لكونها جزراً قاحلة جرداء وخالية من مصادر المياه، وغير آهلة بالسكان باستثناء عمال الفنار الذين يقيمون في إحداها ويعيشون على المواد والمستلزمات التي تجلبها لهم السفن.

تقع معظم الجزر بجوار مضيق جوبال، عند النهاية الجنوبية لخليج السويس. وتبلغ أبعاد جزيرة شدوان –أكبر الجزر – حوالي ١٤ كم طولاً وأقصى عرضها ٤ كيلومترات، وهي مليئة بالتلال التي ترتفع لحوالي ٣٠٠ متر فوق سطح البحر في أعلى أجزائها. وتوجد كذلك تلال بارتفاعات ملحوظة على جزيرتي جوبال والجفاتين. وتعد جزيرة سانت جون – أمام رأس بناس –بارزة بقمتها الصخرية البركانية الداكنة القائمة في وسطها والتي يبلغ ارتفاع قمتها ما يزيد على ٢٠٠ متر فوق سطح البحر. لكن معظم الجزر الباقية – بما فيها جزيرة الطويلة التي تعد من أكبرها – فلا ترتفع إلا لأبعاد قليلة فوق سطح البحر. وتحيط الشعاب المرجانية بالكثير من تلك الجزر، بل إن بعض هذه الجزر لا تزيد عن كونهم الأجزاء المرتفعة من تلك الشعاب.

الفصل الثاني:

مصر في العصور الجيولوجية القديمة

كان توزيع اليابس والماء على امتداد ذلك الجزء من سطح كوكب الأرض الذي تشغله مصر جد مختلف في الماضي عما هو عليه الآن، وذلك أمرٌ شديد الوضوح لكل مسافر في الصحاري على كلا جانبي النيل لما يلاحظه من وفرة الأصداف البحرية التي تنتشر على مساحات واسعة من الأرض التي تشغل عادة بقاع واسعة على امتدادات بعيدة عن البحر وكذلك عند ارتفاعات شاهقة فوق منسوب سطح البحر. وبدهي ألا نهتم هنا بمدى التغيرات الجغرافية التي ثبت حدوثها فحسب ، بل بالفترات الزمنية الماضية التي شهدت تلك التغيرات أيضا.

قد لا يكون هناك تغير ملحوظ في توزيع اليابس والماء في مصر خلال الخمسة آلاف عام الماضية المسماة بـ "العصر التاريخي"، ذلك لأن مواقع محلات استقرار الإنسان في مصر القديمة داخل البلاد – أو ما بقي من أطلالها – لا تُظهر قط أية علامات أنها قد طُمرت تحت البحر منذ تاريخ تأسيسها، كما أن أطلال الموانئ البحرية المصرية القديمة تقع على خط الساحل في عصرنا الحالي، أو على مقربة بالغة منه. لذلك يجب أن نضع في اعتبارنا الأصداف البحرية التي يمكن رؤيتها مبعثرة على تلال وهضاب الصحاري في دلالة على حدوث غمر بحري لأرض مصر في عصور ما قبل التاريخ.

ويتأكد هذا الاستنتاج بفحص دقيق للأصداف وعلاقاتها بجيولوجية الصحراء. فهذه الأصداف تعود لأنواع مختلفة وتترامى في مساحات عدة في الصحراء، وأغلبها ينتمي إلى أنواع لم تعد موجودة في بحارنا الحالية، ولكن من المعروف أنها ازدهرت في البحار في فترات مختلفة من الماضي الجيولوجي الغابر. ويمكن مضاهاتها دائمًا ببقية الأصداف المطمورة في طبقات الصخور أو بجوارها، ولا توجد بوفرة إلا في المناطق التي كان سطح الصحراء فيها مكوّناً من صخور أحفورية تتصف في ذات الوقت بطبيعة هشة تجعلها عرضة للتفكك بعد تعرضها لمؤثرات جوية. لذلك، فمن المؤكد أن هذه الأصداف حفرية الأصل تعرضت للتجوية في مواضعها وانتزعتها عوامل التفكك من داخل الصخور التي تؤلف الصحاري.

وفي معظم الأحوال، تشكلت الصخور عن طريق تراكم ترسبات في قيعان البحار في العصور الجيولوجية الماضية، والحفريات التي تكونت فيها هي في الحقيقة بقايا

كائنات عاشت في تلك البحار ودُفنت في هذه الترسبات بعد موتها. ولكي نتعقب اتساع البحار القديمة، فلابد أن نفحص توزيع الصخور في مختلف العصور الجيولوجية، ناهيك عن دراسة توزيع الحفريات التي تعرضت للتجوية في صخور تلك الأماكن.

يقسم الجيولوجيون الزمن الماضي إلى خمسة أزمنة كبرى غير متساوية في الأعمار. أقدم وأطول هذه الأزمنة الخمسة هو الآركي، الذي يشير الدليل الناتج عن مقدار نسب الرصاص من المعادن المشعة في هذه الصخور المتطابقة أنه انتهى منذ نحو ١١٠٠ مليون عام.

بعد الآركي، عاشت الأرض زمن البروتيزوي الذي دام لحوالي ٦٠٠ مليون عام، ثم جاء الباليوزوي الذي دام لحوالي ٢٧٥ مليون عام، ثم الكاينوزوي الذي دام لحوالي ٥٠ مليون عام حتى العصر الحديث.

ثم قسم الجيولوجيون الأزمنة الثلاثة الأخيرة إلى عدد من العصور المتعاقبة؛ فقسموا الباليوزوي إلى عصور: الكامبري، الأردوفيشي، السيلوري، الديڤوني، الكربوني، البرمي. وقسموا الميزوزوي إلى عصور: الترياسي، الچوراسي، الكريتاسي (الطباشيري). وقسموا الكاينوزوي إلى عصور: الإيوسين، الأوليجوسين، الميوسين، البليوسين، البلايستوسين، والحديث.

قام ترتيب تعاقب الأزمنة والعصور على ملاحظة ترتيب الصخور فوق بعضها البعض، أخذا في الاعتبار أنه عندما تعلو طبقة من الصخور طبقة أخرى، فإن الطبقة الأدنى هي التي رُسبت أولا وبالتالي ستكون أقدم الطبقتين، ومن ثم فإننا نستدل من الحفريات الموجودة في الصخور المنتمية للعصور المتعاقبة أن كل عصر لا يتميز فقط بمجموعة خاصة من أشكال الحياة، بل كلما زاد بُعد العصر في الزمن الجيولوجي كلما كانت أشكال الحياة التي استوطنت الأرض وقتها أبسط تركيباً.

على سبيل المثال، كانت الرخويات في العصر الكامبري تعيش في البحار قبل أن توجد وقتها الأسماك، ومن الواضح أنه لم تكن هناك حياة على اليابسة على الإطلاق. ثم ظهرت الأسماك في العصر السيلوري، وأعقبتها الزواحف في العصر البرمي، ثم ظهرت الطيور في العصر الجوراسي، وأعقبتها الثدييات الكبيرة في عصر الإيوسين،

والمخلوقات البدائية الشبيهة بالانسان في البليوسين، وظهر الإنسان نفسه في عصر البلايستوسين.

ويوضح جدول (١) ترتيب أزمنة وعصور التاريخ الجيولوجي حسب تسلسلها الزمني، في أعلى الجدول أحدث العصور وينتهي في الأسفل بأقدمها. مع ذلك، لا يجب الاعتقاد أننا سنعثر في مكان واحد من الأرض على تتابع صخري يضم كل العصور الجيولوجية المتعاقبة كسلسلة تامة وغير مقطوعة. فلم تتكون السلسلة الكاملة للعصور الجيولوجية إلا عن طريق الجهود المشتركة لعلماء الجيولوجيا بجمع المعلومات من مختلف الأماكن والبلاد.

كانت الأرض منذ بداية الزمن الجيولوجي كوكباً آخذ في البرودة بعد صهير وحمم، اضطرت قشرته الصلبة أن تكيف نفسها مع انكماش جزئها الداخلي المنصهر. وتحت الضغوط القشرية الهائلة التي سبّبها هذا الطيّ، تحولت طبقات الصخر الأفقية الأصلية مرة بعد أخرى إلى طيّات كبرى وقُطعت وشُقت، وكانت النتيجة أن المناطق التي كانت قيعانا للبحر في أحد العصور الجيولوجية كثيراً ما أصبحت جبالاً وتلالاً في عصر جيولوجي لاحق، وعندما ترتفع الصخور المترسبة على قيعان البحر لتصير أرضاً جافة؛ تتعرض للتفكك بسبب العوامل الجوية وعمليات التعرية ثم تبلى بفعل الأمطار والأنهار. ومن ثم، فإن الصخور الرسوبية المطابقة لأي عصر ستكون غير موجودة الآن، ليس فقط في الأماكن التي مثلت الأرض الجافة لذلك العصر، بل أيضاً في الأماكن الأخرى التي ترسبت فيها ثم أزيلت بالرفع والتعرية.

لقد غيرت اليابسة والبحر الكثير من مواقعهما خلال العصور الجيولوجية لدرجة أننا لا نستطيع توقع وجود تمثيل كل العصور المتعاقبة في صخور أي منطقة معينة. وعلاوة على ذلك، حتى في الصخور التي تشكل حالياً في واقع الأمر قشرة الأرض في أي منطقة، فإن تلك الصخور المرتبطة بالعصور الأقدم ستستقر من الناحية الطبيعية مختبئة تحت الصخور المرتبطة بعصور أحدث؛ ومن ثم فإنه من الشائع فقط في المناطق الجبلية أن تكون الصخور من العصور الجيولوجية الباكرة ظاهرة ومرئية عند السطح. وذلك لأن حركات الطيّ رفعت لأعلى إرسابات التواريخ الأحدث التي غطتها ثم أزيلت إلى حد كبير بواسطة عوامل التعرية – أن نتوقع

تشكل الرسوبيات التي يتكون منها سطح مصر الحالي طبقات ممثلة لكل الأزمنة الجيولوجية الخمسة الكبرى، على الرغم من أن كل العصور ليست ممثلة في بعض تلك الأزمنة، فلم يتم التعرف في مصر حتى الآن على رسوبيات للعصور الكامبري والأوردوفيشي والسيلوري والديفوني والبرمي والترياسي. وبناء عليه، فإن العصر الباليوزوي تمثله فقط الرسوبيات المنتمية إلى العصر الكربوني، والعصر الميزوزوي تمثله فقط رسوبيات منتمية إلى العصرين الجوراسي والكريتاسي، بينما العصر الكاينوزوي تمثله فقط رسوبيات منتمية إلى كل عصوره الستة، من الإيوسين إلى الحديث.

تبين الخريطة الجيولوجية لمصر (شكل٩) توزيع إرسابات العصور المتنوعة المكشوفة على السطح. ولأننا نريد الحصول على صورة دقيقة بقدر الإمكان لجغرافية البلاد في عصور متتالية من الماضي الجيولوجي، تقابلنا مشكلة عدم الإلمام الواضح بتوزيع طبقات العصور الجيولوجية المتنوعة في أرض مصر. إننا نحتاج إلى معرفة المدى السابق المحتمل لتلك الطبقات في الأزمنة التي رُسبت فيها أصلاً على قيعان البحار والأخوار والبحيرات في العصور المختلفة، وللوصول إلى ذلك، لا يجب الاكتفاء بالتوزيع المكشوف للطبقات كما هو موضح في الخريطة الجيولوجية فقط؛ بل لابد من تقدير المدى الذي تستقر عنده الطبقات الخاصة بالعصور المتنوعة تحت السطح من جهة، وتقدير المدى الذي أزيلت عنده بالتعرية في العصور التالية. وبدهي أن المسائل الضمنية لا تصل إلى حل قاطع دائماً، سيما كلما عدنا للخلف في الزمن الجيولوجي، حيث إنه كلما بعُدت الفترة الزمنية كلما زاد احتمال قيام التعرية بإزالة إرسابات أحد العصور التالية أو تعرضها للطمر بإرسابات أحدث عمراً.

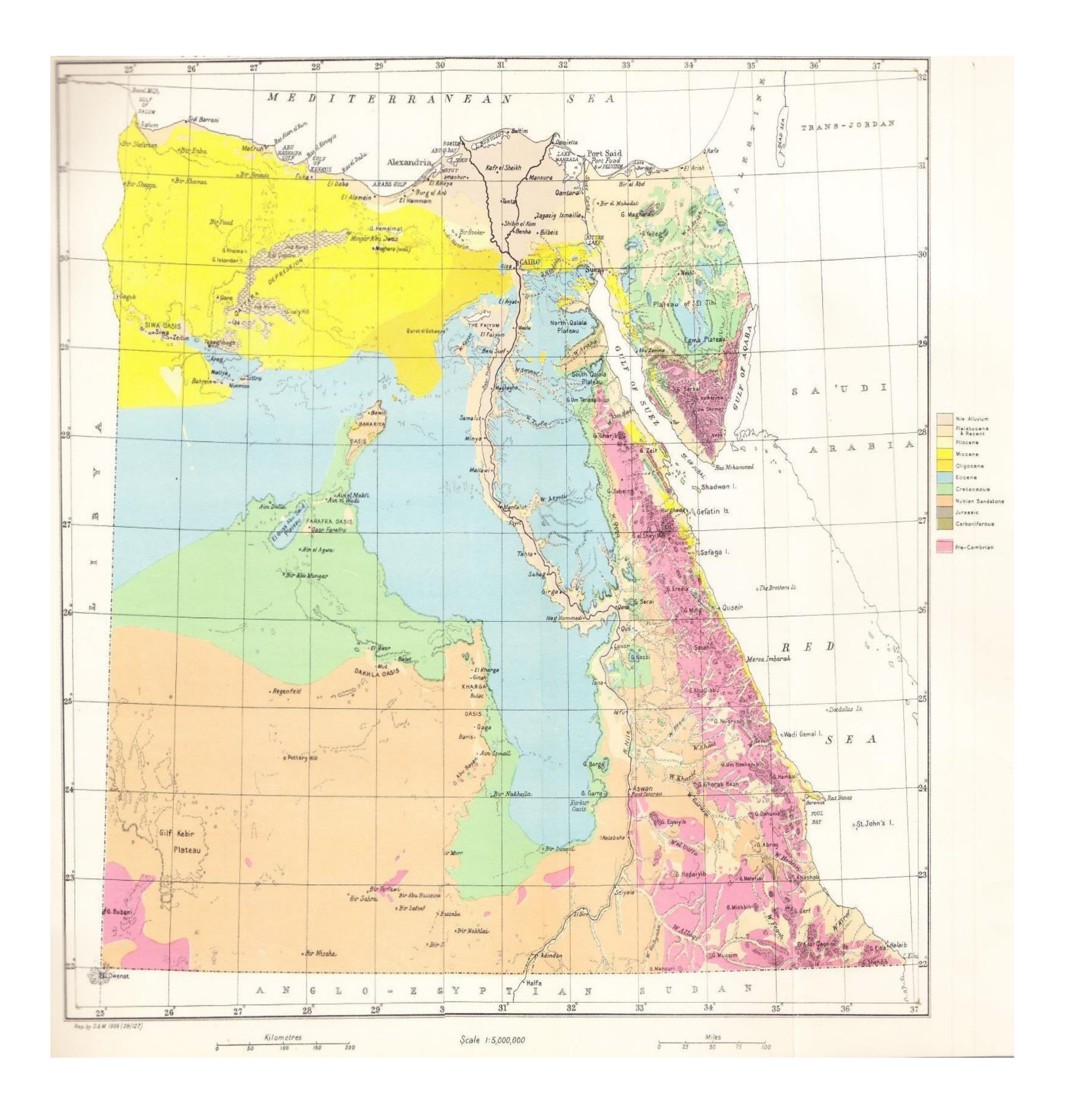
ومع ذلك، لدينا عدد من الاعتبارات المفيدة في تقدير المدى السابق للطبقات في العصور المختلفة عن طريق طبيعة وتوزيع الصخور الممثلة لها والمكشوفة لنا الآن. فعلى سبيل المثال، عندما نجد الطبقات الخاصة بفترة زمنية قديمة مكشوفة تحت تلك الطبقات الخاصة بفترة زمنية أحدث في سطوح الجروف على امتداد إحدى الهضاب، فقد نستنتج بالطبع أن الطبقات الأقدم تمتد بالتتابع عبر الهضبة بأكملها على الرغم من أنها قد لا تكون مرئية في أي مكان آخر على سطحها، أو عندما نلاحظ

أن طبقات فترة زمنية ما تطمر تلك الطبقات الخاصة بفترة زمنية أقدم بشكل غير متجانس، فقد نستنتج أن الطبقات الخاصة بالفترة الأقدم قد ارتفعت إلى أرض جافة وتعرضت للتعرية قبل أن تعلوها تلك الطبقات من الفترة الأحدث، أو مرة أخرى حيث توجد طبقات تنتهي فجأة عند جرف بوضوح نتيجة التحات، فسنتأكد من أنها قاومت في الماضي لمسافة ما فيما وراء نطاق سطح الجرف، أو مرة أخرى عندما توجد طبقات فترة معينة قد ترقق سمكها بسرعة عندما تتعاقب في اتجاه معين (وبالأخص لو أن الصخور قد أظهرت تغيرا تدريجياً من خصائص المياه العميقة إلى خصائص المياه الضحلة في الوقت نفسه) فقد نستنتج أن خط الساحل لتلك الفترة الزمنية يقع عند مسافة ليست كبيرة في ذلك الاتجاه.

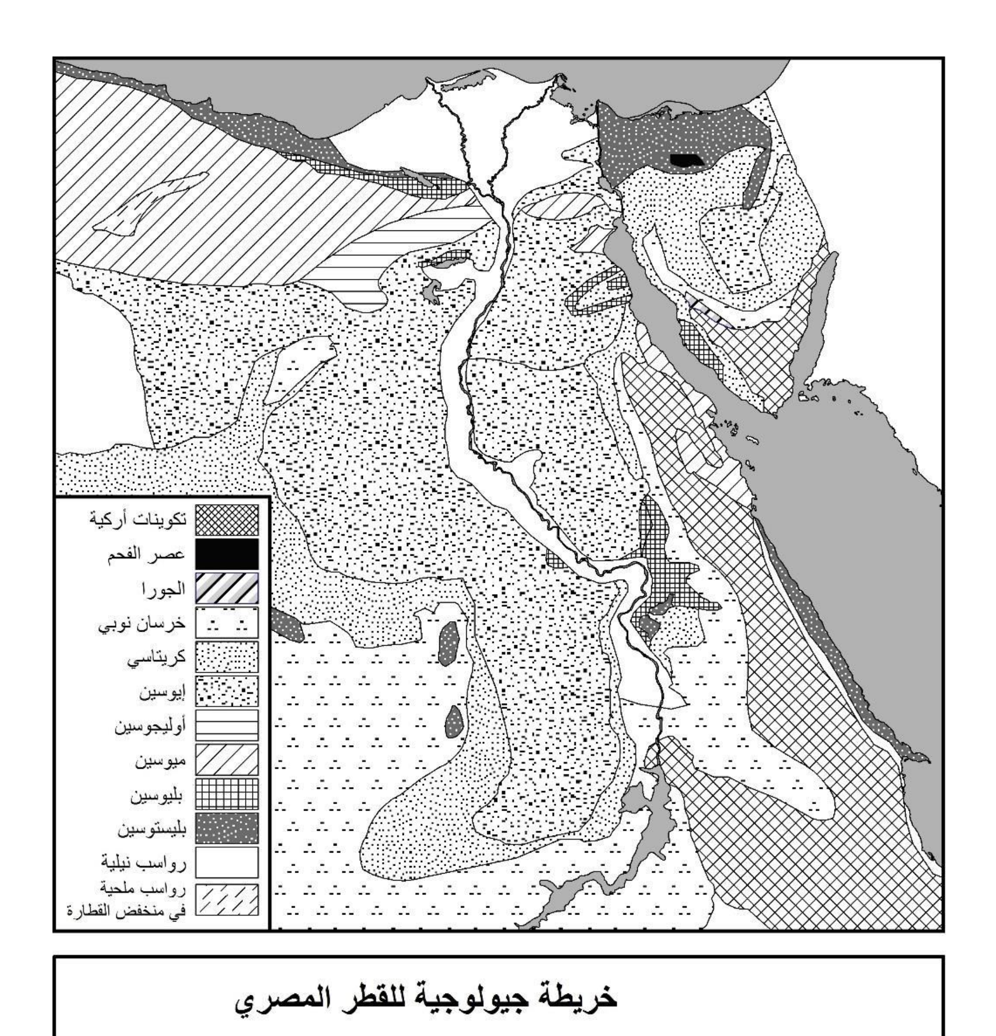
العصر الأركي والعصر البروتوزوي

تشغل الصخور التي تكونت في العصرين الآركي والبروتوزوي ما يقرب من عُشر المساحة الحالية لسطح الأرض في مصر، فهي تدخل بشكل كبير في تركيبة الكتل الصخرية للصحراء الشرقية والجزء الجنوبي من شبه جزيرة سيناء، كما توجد أيضاً على امتداد مساحات واسعة في منطقة أسوان وفي الأجزاء الجنوبية من الصحراء الليبية، وهي تمتد بلا شك تحت الصخور الأحدث عمراً على امتداد جميع الأماكن الباقية في البلاد، وهي في الحقيقة القاعدة الذي تراكمت عليها الإرسابات في العصور التالية. تعد هذه الصخور في الأساس ذات طبيعة بلّورية، وتشكل تركيبة معقدة من الصخور البركانية والمتحولة وخالية تماما من أي حفريات يمكن التعرف عليها. وبلا شك، ربما كانت بعض الصخور المتحولة الداخلة في هذا التركيب مثل صخور النايس والشست في الاساس صخورا رسوبية تراكمت في قيعان البحار، ولكنها خضعت لدرجة هائلة من التحول بالضغط والطي الشديدين وبتداخل الصخور الذائبة –التي تعرضت لها عبر مئات الملايين من السنين التي انقضت منذ إرسابها، لدرجة فقدت معها تقريبا صفاتها الأصلية وتلاشت أية حفريات قد احتوتها هذه الصخور في أي فترة من الزمن.

على هذا النحو يصعب أن نميز تلك الصخور التي كانت رسوبية في الأصل عن تلك الصخور ذات الأصول البركانية، والأكثر صعوبة من ذلك هو تحديد ترتيب تعاقب المكونات المتعددة لهذه التركيبة.



شكل ٩: خريطة مصر الجيولوجية



خريطة جيولوجية للقطر المصري

أقرب شكل للخريطة الملونة السابقة في شكل ٩، نقلا عن محمد عوض محمد "نهر النيل" وهو الصادر في أربعينيات القرن العشرين، أي في نفس فترة إصدار الكتاب الحالي لجون بول.

يعتقد دكتور هيوم[1] – الذي كرس أبحاثا كثيرة لهذه المسألة – أن أحجار الشست غنية بمعادن المنجنيز التي تعج بها الصحراء الشرقية في منطقة مناجم الزمرد القديمة في سيكيت وفي منطقة التنقيب عن الذهب في البرَّامية وأيضا أحجار الشست الإيبودوتية والكلسية التي توجد حول جبل حيمور تعد من الصخور التي كانت مترسبة أساسا من العصر الأركيوزي، كما يعتقد أن أحجار الشست الأرجوانية التي توجد حول بير الشاذلي، وأحجار الشست المجمعة والسليكاتية في منطقة وادي الحمامات تمثل رواسب مستبدلة من العصر البروتيروزوي. لكن هذه الصخور مختلطة بشكل شديد التعقيد مع الصخور الأخرى ذات الأصل البركاني التي اندست فيها في فترات متنوعة وتعرضت لقدر هائل من التعرية عبر العصور لدرجة أنه من العسير علينا أن نحصل حتى من توزيعها الحالي على فكرة تقريبية عن حدود اليابسة والماء خلال أية فترة من فترات ترسُّبها.

العصور: الكامبري والأردوفيشي والسيلوري والديفوني

لم يتم تحديد طبقات للعصور الكامبري أو الأوردوفيشي أو السيلوري أو الديفوني في مصر، وقد نوّهنا عن ذلك بالفعل. هناك العديد من المواقع في الصحراء الشرقية والغربية وفي سيناء يمكن فيها رؤية التركيبات البلّورية للعصرين الأركي والبروتيزوي تغطيها مباشرة الصخور الطبقية. لكن في كل هذه المواقع تبدو الصخور الطبقية منتمية للعصر الكربوني أو من عصر أحدث. وبالطبع، من الممكن أن تكون هذه الإرسابات قد تراكمت خلال عصر أو عصرين من العصور الأقدم وأزالتها التعرية تماما قبل مجيء العصر الكربوني، أو حتى أن هذه الإرسابات لا تزال موجودة في بعض أنحاء البلاد ومطمورة تحت الصخور التابعة لعصور أحدث. لكن نتيجة لكل الأدلة المتاحة لنا حاليا، من المحتمل أنه على امتداد العصور الكامبري والأردوفيشي والسيلوري والديفوني أن المنطقة التي تشغلها مصر بأكملها كانت أرضًا جافة.

العصر الكربوني

تظهر الطبقات المعروف أنها من العصر الكربوني في ثلاثة أماكن في مصر وهي: الجزء الغربي من شبه جزيرة سيناء، وفي منطقة وادي عربة في الصحراء الشرقية، وفي

جبل العوينات في أقصى الركن الجنوبي الغربي للبلاد. يبلغ السمك الإجمالي لطبقات العصر الكربوني حوالي ٣٢٠ متراً خاصة في غرب سيناء (حيث ذروة تكونها). وهي تتألف من:

١ – سلسلة دنيا من الحجر الرملي يبلغ سمكها حوالي ١٣٠ مترا، تقع مباشرة على الصخور البلّورية للعصر البروتيزوي، وتتخذ شكل مسارات متعرجة وعلامات أخرى، وإن كانت خالية من وجود حفريات.

٢ – سلسلة وسطى من الحجر الجيري يبلغ سمكها ٤٠ متراً، تحتوي على أنواع مميزة من حفريات من نوع *Orthis, Productus, Spirifer* وأنواع أخرى من ذراعيات الأرجل *Brachipodo* .

٣ – سلسلة عليا من الأحجار الرملية يبلغ سمكها حوالي ١٥٠ متراً وتتكون من بقايا مفككة عارضة من نباتات شبيهة بالأشجار *Lepidodendron* .

وفي الشمال يمكن رؤية الطبقات الكربونية بسيناء أسفل الصخور الكريتاسية التي تشكل هضبة التيه، وهي بلا ريب تمتد مطمورة تحت الصخور الأحدث عمراً. وفي الجنوب، تقطعها التعرية بشكل كبير، مخلفة تلالاً انعزالية يصل ارتفاعها لأكثر من ألف قدم فوق سطح البحر.

وفي الشرق يقل سمكها تدريجيا ولا تترك آثارا يمكن تتبعها فيما وراء نطاق وسط شبه جزيرة سيناء. بينما تقطعها في الغرب صدوع تتدلى منها صخور أصغر عمراً قرب ساحل خليج السويس، وتسببت هذه الصدوع في أن فصلتها عن تلك الصخور المقاربة لها في العمر في وادي عربة على الساحل الغربي لخليج السويس والتي كانت بلا شك متصلة بها في وقتٍ ما.

في وادي عربة، تبدو الطبقات الكربونية في أرضية وادٍ عريض تعرَّض للنحت على طول محور ثنية محدبة. تُظهر هذه الطبقات نفس التتابع بمثل ما تظهره تلك الطبقات في سيناء، أي سلسلة علوية وسفلية من الحجر الرملي، تحتويان بينهما على سلسلة من الحجر الجيري، وتحتوي الأحجار الجيرية على مجموعة مشابهة من

الأصداف الحفرية. يعد سمك الطبقات الكربونية في وادي عربة غير معروف، وذلك لأن أساس الأحجار الرملية الدنيا غير مرئي من جهة، ولأن الأحجار الرملية العليا خالية بشكل واضح من الحفريات من جهة أخرى، ومن ثم فهي ليست قابلة للتمييز عن الأحجار الرملية للعصور الأحدث عمراً التي تتراص فوقها، لكن لا يبدو سمك الأحجار الجيرية في وادي عربة بمثل السمك الهائل لها في سيناء.

في جبل العوينات، هناك سلسلة عظيمة من الأحجار الرملية، تتراص أدنى طبقاتها مباشرة فوق صخور بلّورية، وقد وُجد أنها تحتوي على بقايا نباتات من العصر الكربوني الأدنى. لكن غير معروف حتى الآن مقدار سمك الطبقات الكربونية في جنوب صحراء مصر الغربية ولا امتدادها. من المحتمل أنها تمتد لمدىً أبعد حتى شمال جبل العوينات وتشغل الطبقات السفلى لسلسلة كبرى من الأحجار الرملية غير الأحفورية، والتي يبلغ سمكها مئات الأمتار، وتشكل هضبة تسمى الجلف الكبير.

فيما يتعلق بامتداد المناطق التي أزالت التعرية الطبقات الكربونية منها؛ فمن المستحيل أن نصل إلى استنتاج قطعي بخصوصها. لكن هناك عدداً من الاعتبارات تجعلنا على يقين بأن البحار في العصر الكربوني قد انتشرت في مصر عبر مساحات أكبر من تلك المساحات التي غطتها صخور ذلك العصر، والتي لا تزال باقية.

ولعل التشابه القريب بين الحفريات البحرية التي تم العثور عليها في الأحجار الجيرية للعصر الكربوني في سيناء ووادي عربة وبين تلك الحفريات الموجودة في الأحجار الجيرية من العصر الكربوني في غرب الصحراء الكبرى والبلاد الأخرى يقدم دليلا حاسماً على حدوث اتصال مفتوح مع المحيط الذي كان موجودا في ذلك العصر.

وعلاوة على ذلك، فإن اكتشاف نباتات من العصر الكربوني الأدنى في الأحجار الرملية لجبل العوينات تدل على أنه كان هناك وادي نهري في المنطقة وربما كان يصب مياهه في نفس البحر الضحل المشابه لذلك البحر الذي كانت تترسب فيه الصخور الرملية من العصر الكربوني الأدنى في سيناء.

في الحقيقة، لا تبدو استحالة تصور أن بحار العصر الكربوني غمرت جزءا كبيراً من شمال إفريقيا، وأنها لم تغمر مصر بأكملها فحسب، بل وغمرت قطاعات شاسعة

غربها أيضا، حيث أن الأحجار الجيرية الكربونية تغطي مساحات واسعة غرب الصحراء الكبرى. وعلى الرغم من أن تلك المساحات تشغل أكثر من ١٥٠٠ كم غرب تلك المناطق التي توجد بها الأحجار الجيرية الكربونية في مصر، فإن الحجر الرملي النوبي يشغل جزء كبيراً من الصحراء التي تتخللها، وهناك ترجبح بأن الطبقات الدنيا لذلك الحجر قد تكونت جزئيا في العصر الكربوني على الأقل.

العصران البرمي والترياسي

من المؤكد أنه لم يتم التعرف حتى الآن على أية صخور من العصرين البرمي أو الترياسي في مصر، على الرغم من الاعتقاد أن بعض الأجزاء من السلسلة السميكة من الأحجار الرملية غير الحفرية المعروفة بإسم " الحجر الرملي النوبي" مثلت إرسابات هذين العصرين في بعض المناطق. ويبدو على الأرجح أن الارتفاع التدريجي للأرض الذي بدأ قبيل نهاية العصر الكربوني (حسبما دلت عليه وجود قطع من الأشجار الحفرية في الأحجار الرملية للعصر الكربوني الأعلى) قد استمر في العصر البرمي، وأن مصر ظلت بأكملها أرضاً جافة خلال ذلك العصر والعصر الترياسي الذي تلاه، ربما باستثناء قليل من الأراضي التي غمرتها أودية نهرية أو بحار أرضية ضحلة تراكمت بها بعض الرمال الناتجة عن تعرية صخور العصر الكربوني.

العصر الجوراسي

إن المكان الوحيد المعروف بوجود طبقات العصر الجوراسي في مصر نجده في كل من جبل المغارة بشمال سيناء، وفي الركن الشمالي الشرقي الأقصى لهضبة الجلالة البحرية في الصحراء الشرقية. تتكون الصخور من سلسلة من الأحجار الرملية والمارل والأحجار الجيرية والطفل، ويصل سمكها إلى ٥٠٠ متر أو أكثر، وهي فقيرة المحتوى بشكل عام من الحفريات لكن بها بعض قطاعات حفرية تحتوي على الأصداف الأمونية، الفولادوميا، الرينشونيلا، الترايجونيا، وبعض الأصداف البحرية الأخرى.

تقدر المساحة الكلية التي تنتشر عليها الصخور الجوراسية الآن في سطح الموقعين المذكورين سابقا بحوالي ٤٠٠ كم فقط، لكن هناك احتمالية أن هذه الصخور تمتد مطمورة تحت الصخور الأحدث عمراً على امتداد مساحة أكبر من ذلك،

حيث يمكن رؤيتها أسفل صخور من العصر الكريتاسي حول جبل المغارة وفي سفح هضبة الجلالة البحرية.

تعد صفات الحفريات الموجودة في الأحجار الرملية الجوراسية بمصر شديدة الشبه مع تلك الحفريات الموجودة في الأحجار الجيرية لنفس العصر في أماكن أخرى من العالم لدرجة أنه من المؤكد أن البحر الذي كانت مترسبة فيه كان متصلا بالمحيط في ذلك العصر، وأنه قد طغى على اليابسة من الشمال متجهاً جنوباً حتى هضبة الجلالة البحرية، لكن عدم إجراء المزيد من الكشوف في اتجاه الجنوب يجعل من المستحيل تكوين أي استنتاج حاسم بخصوص الحد الذي امتد عنده طغيان هذا البحر.

العصر الكريتاسي

تشغل طبقات العصر الكريتاسي حوالي خُمس مساحة مصر، لكونها تنتشر على امتداد النصف الجنوبي من البلاد وكذلك تغطي مساحات كبيرة من الأرض في الشمال الشرقي. تمثل الطبقات سلسلة دنيا من الأحجار الرملية غير الحفرية ويبلغ أقصى سمك لها حوالي ٥٠٠ متر (الحجر النوبي الرملي)، ويبلغ سمك السلسلة العليا حوالي نفس المقدار وتتكون من أحجار رملية وصلصال محتوية على حفريات بحرية مميزة مثل الأكسوجيرا و الأنانكيت.

يمتد نطاق الحجر الرملي النوبي إلى ما وراء حدود مصر حيث من السهل تتبع مساره لأكثر من ألف ميل غرباً عبر ليبيا، وجنوباً لنفس المسافة عبر السودان المصري الإنجليزي. تُظهر الأحجار الرملية والصلصال التي تشكل القسم العلوي من الصخور الكريتاسية توزيعاً مماثلاً ناحية الشرق والغرب ممتدا مع القليل من الفجوات من المحيط الأطلنطي عبر شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية حتى الخليج الفارسي، لكن بامتدادات أقصر نحو الجنوب، ولا توجد في مصر جنوب خط عرض٢٠' ٢٣° ولا في أي مكان في السودان المصري الإنجليزي.

ونظراً لأن الحد الذي توجد عنده الطبقات الكريتاسية مطمور تحت تلك الطبقات التابعة للعصور التالية له بمصر، فلا يبدو ثمة سبب للشك أنها تقع تحت

صخور عصر أحدث (من الإيوسين إلى الحديث) في كل المواقع التي يتألف فيها السطح من هذه الطبقات، أي أنه بالإضافة إلى أنها تغطي حوالي أربعة أعشار السطح الفعلي لمصر، فإنها تمتد مطمورة تحت الطبقات الأحدث عمرا فوق طبقات أخرى على امتداد الخمسة أعشار الأخرى من المساحة الكلية للبلاد.

في الحقيقة، يعتقد أن الطبقات الكريتاسية حاضرة دوما إلا في تلك المناطق المؤلفة من الصخور البلورية وتصل في مجملها لحوالي عُشر المساحة الكلية للبلاد. ونظراً لأن هناك دليلاً واضحاً بحدوث مستوى كبير من التعرية في تلك المساحات منذ العصر الكريتاسي؛ فمن المؤكد أنها كانت مغطاة ذات مرة بالرواسب الكريتاسية.

ومن ثم فإننا نستنتج أنه في العصر الكريتاسي كان البحر يغمر ما نعتبره الآن مصر بأكملها بالإضافة إلى جزء كبير من شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية. وتشير الرواسب الكريتاسية الدنيا في مصر والبلاد المجاورة –رغم امتدادها الواسع المؤلف في كل مكان من أحجار رملية ترسبت في المياه الضحلة –إلى أن الترسب كان شديد التدريج واستغرق حوالي بضعة ملايين من السنين، كما يلاحظ أن الترسبات المائية الأعمق (من الأحجار الجيرية والصلصال التي تشكل القسم العلوي من الطبقات الكريتاسية) لا تمتد بعيداً إلى الجنوب حسبما تشير الأحجار الرملية للقسم الأدنى من الطبقات، وهو ما يدلنا إلى أن غمر البحر قد حدث من الشمال في اتجاه الجنوب.

يمكننا تصوير مصر في بداية العصر الكريتاسي كجزء متشكل عن المساحة السطحية لكتلة أرضية قارية أفريقية، لها سطح متآكل ينحدر بميل خفيف تجاه الشمال، ومُغطىً إلى حد بعيد بفتات من التعرية من عصور سابقة، وتنغمر تدريجيا تحت البحر الكريتاسي الذي كانت تلقي الأنهار فيه باستمرار الرواسبَ الأرضية الناتجة عن التحات.

وبحلول منتصف العصر الكريتاسي حدث إغراق لليابسة إلى الحد الذي غُمرت فيه الأجزاء الشمالية من القارة الإفريقية إلى أعماق هائلة، لدرجة أن الأحجار الجيرية والصلصال كانت تترسب هناك في الوقت نفسه الذي كانت الأحجار الرملية لا تزال

مستقرة في الأعماق الضحلة في الجنوب. وبحلول نهاية الكريتاسي بدأت حركة ارتفاع مسببةً تقهقر البحر في اتجاه الشمال.

ثم ارتفعت الرواسب التي استقرت على قاع البحر الكريتاسي لتشكل أرضاً جافة، وبذلك خضعت الأرض للتعرية بفعل الأمطار والأنهار. ومع حدوث ارتفاع عام لليابسة فستكون الرواسب الجنوبية بالطبع هي أول ما يبزغ من البحر، وبالتالي ستكون هي أول الرسوبيات خضوعا للتعرية. وبذلك، فإن لدينا تفسيراً ثنائياً بخصوص السبب في أن طبقات الحجر الجيري للقسم الأعلى من العصر الكريتاسي يتناقص سمكها وتختفي بتتبع آثارها في جنوب مصر؛ فإن الأحجار الجيرية لم تكن أقل سُمكا بسبب الغمر الذي حدث فيما بعد للمناطق الجنوبية مقارنةً بتلك المناطق في الشمال فقط بل كانت أيضا معرضة للتعرية لاحقاً على امتداد فترة زمنية أكبر نتيجة لظهور اليابس مبكرا.

لا يمكن التأكد بكامل اليقين من الحد الذي تراجع عنده البحر عند نهاية العصر الكريتاسي، لكن تراجع البحر في اتجاه الشمال عند خط العرض المار بمدينة القاهرة يبدو جلياً في عدم توافق الطبقات الكريتاسية وبين الرسوبيات الممتدة من عصر الإيوسين عند أبو رواش قرب أهرامات الجيزة.

عصر الإيوسين

تغطي طبقات الإيوسين حوالي خُمس سطح مصر الحالي، مكونة قسما كبيرا من هضاب الصحراء العلوية التي ترتفع لمئات الأمتار فوق سطح البحر على كلا جانبي النيل إلى ما بعد قنا جنوباً، وكذلك تشغل أراضٍ مرتفعة على نطاق كبير في سيناء.

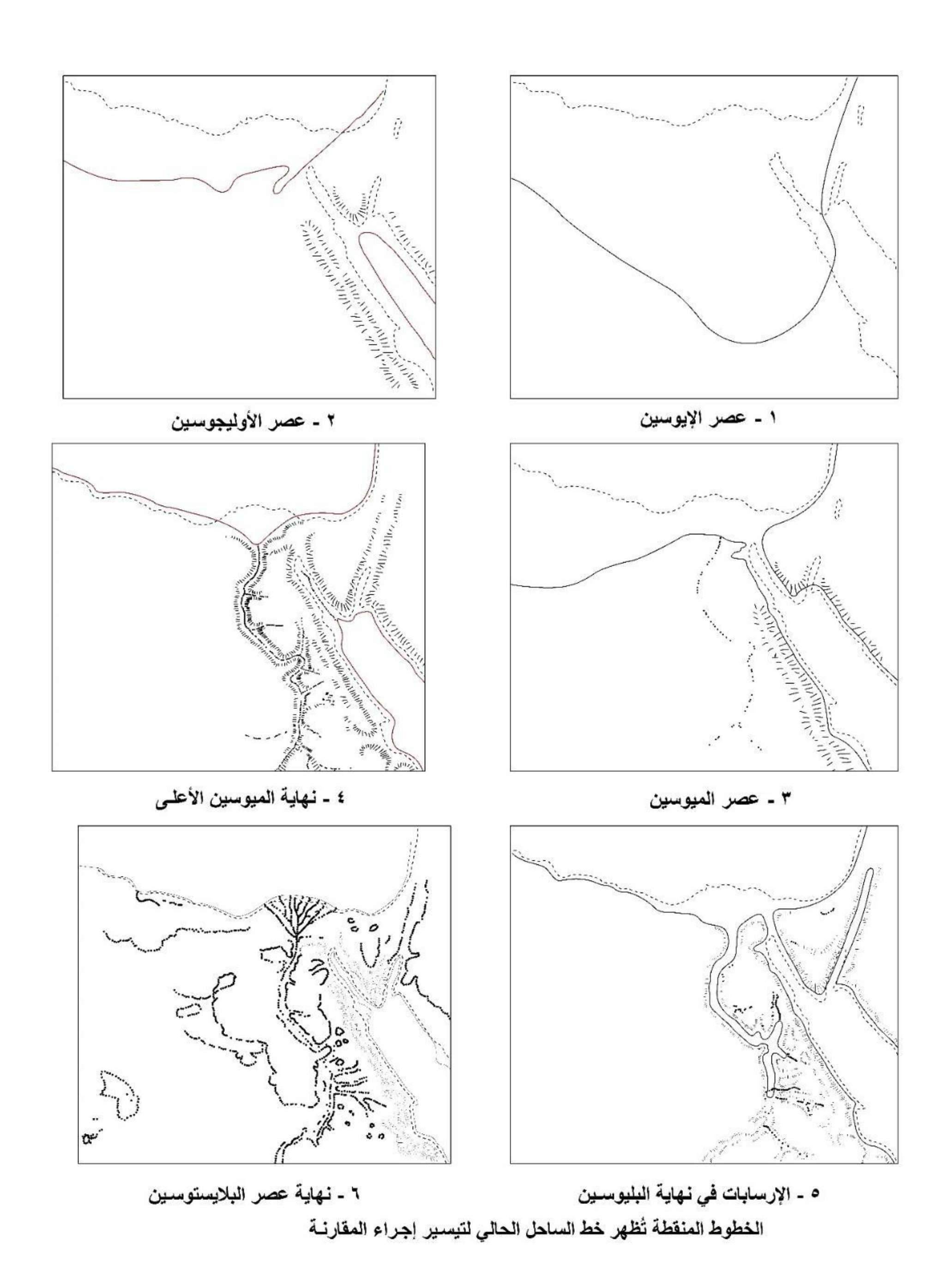
تتكون هذه الطبقات من سلسلة كبرى يبلغ سمكها الكلي ٧٠٠ متر من الأحجار الجيرية والمارل والصلصال. ويضم كثير منها حفريات بحرية، وأكثرها تميزا هي الأنواع العديدة من النيموليت، وتتكون بعض الأحجار الجيرية منها بشكل شبه كلي من المنخربات *foraminifera*.

يمكن رؤية طبقات عصر الإيوسين في الأجزاء الشمالية من الصحراء الليبية تحت طبقات العصور الجيولوجية التالية، مع ميل خفيف نحو الشمال، وتستمر في الوجود تحتها حتى تصل إلى حوض البحر المتوسط. وفيما بين القاهرة والسويس يميز انتهاء حدها باتجاه الشمال عند السطح إلى حد كبير بالصدوع التي جعلت الصخور الأصغر عمرا تتدلى قبالتها، بينما في الأجزاء الشمالية من سيناء قطعت هذه الطبقات إلى عدد من الكتل المنفصلة بواسطة التحات، لكن لا يبدو هناك سبب للشك أنه في تلك المناطق أيضا تمتد الطبقات في الأساس في اتجاه الشمال فيما وراء النطاق الحالي للبحر المتوسط.

وعادة ما تنتهي طبقات عصر الإيوسين إلى الغرب والجنوب والشرق بجروف نتيجة للتحات، بحيث أنه من المؤكد أن خط الساحل في الإيوسين كان يقع على مسافة فيما وراء نطاق الحد الحالي لطبقات الإيوسين في تلك الاتجاهات، بينما وجود السُمك الكبير لرواسب الإيوسين في مناطق الطيات لجبل العش وجبل ضوي قرب ساحل البحر الأحمر يجعل من المرجح أن بحر الإيوسين كان طاغيا على البقعة التي تشغلها الآن سلاسل جبال الصحراء الشرقية حتى جنوب القصير على أقل تقدير.

ومن ثم، فقد قادنا ذلك إلى الاستنتاج أنه عند بداية عصر الإيوسين بدأ هبوط كبير للأرض، مسببا تقدم البحر جنوبا وغمر جزء كبير من مصر إلى أعماق هائلة، وأن هذا الغمر دام لملايين السنين ويشهد عليه السمك الهائل للأحجار الجيرية والصلصال من عصر الإيوسين المكشوف لنا الآن في هضاب الصحراء العالية.

ومع ذلك، كان هناك قدر كبير من التعرية لهذه الطبقات في عصور لاحقة لدرجة أنه من الصعب أن نكوِّن فكرة دقيقة عن المدى الكامل الذي اكتسح فيه بحر الإيوسين أرض مصر بأكملها، سيما في المنطقة المجاورة للبحر الأحمر حالياً، حيث كانت هناك كمية هائلة من الطيات والصدوع وبالتالي المزيد من التعرية الشديدة مقارنة بالتعرية في أماكن أخرى. هناك دليل من الصخور أن أقصى غمر من بحر الإيوسين في اتجاه الجنوب قد حدث في الفترة الأولى من عصر الإيوسين، لأن أعلى مستوى لطبقات الإيوسين لم يتعد حتى الآن الجنوب مثل الطبقات السفلى، ومن ثم فمن المحتمل أنه بتقدم عصر الإيوسين توقف ترسب اليابسة وأفسح مجالا لارتفاع تدريجي.



شكل١٠: مصر في العصور الجيولوجية الماضية

يتضح من الخريطة في شكل (١٠- أ) التوزيع التقريبي لليابس والماء عند أقصى غمر للبحر في عصر الإيوسين، بقدر ما استطعنا جمعه من الأدلة الجيولوجية المتاحة لنا. ومع ذلك، ربما غمر البحر جزءا أكبر مقارنة بالجزء الموضح في الخريطة.

عصر الأوليجوسين

تشغل الإرسابات التي يعتقد أنها من عصر الأوليجوسين حوالي ١,٥ % من مساحة مصر. وتغطي مساحات كبيرة في الصحراء ما بين القاهرة والسويس ونطاقا عريضا يمتد من القاهرة جنوبا بغرب لأكثر من ٢٠٠ كم. وهي تعلو، بشكل غير منتظم، الأحجار الجيرية لعصر الإيوسين. تتألف صخور الأوليجوسين من حصى ورمال وأحجار رملية، وهي عادة خالية من الحفريات لكنها تحتوي في أماكن عديدة على أشجار متحجرة، وفي موقع واحد عثر عليه في الجزء الشمالي من منخفض الفيوم اكتشفت بقايا العديد من حيوانات برية، تتضمن أسلاف الفيل والحيوان المنقرض المميز المعروف باسم أرسينويثيريوم. من الواضح أن تلك الإرسابات نهرية أو إرسابات أودية قديمة، وتمثل الحفريات الموجودة فيها بقايا الأشجار والحيوانات التي ازدهرت على اليابسة وجرفتها الأنهار في اتجاه الشمال ثم طمرت في إرسابات أودية قديمة ودلتا تشكلت حيث وصلت الأنهار للبحر.

من الصعب أن نكون أي استنتاج فيما يختص بالمدى الذي توجد عنده هذه الإرسابات من عصر الأوليجوسين أسفل إرسابات العصور اللاحقة في اتجاه الشمال، لكن يمكن رؤيتها تحت طبقات عصر الإيوسين الممتدة في أجزاء عديدة من المساحة ذات الصدوع بين القاهرة والسويس، ومن المرجح أنه في هذه الأماكن قد تستمر لمسافات كبيرة نحو البحر المتوسط. فيما يتعلق بمدى رواسب الأوليجوسين الذي أزالته التعرية في العصور اللاحقة، فمن الراجح أن الإزالة قد حدثت على امتداد مناطق شاسعة، حيث أن حصى الأوليجوسين في وادي النيل وحوله يتكون بشكل كامل تقريبا من حصى حجر الصوان الذي يعد في حد ذاته شديد المقاومة لتأثيرات التجوية، ولكن لكونها في الأساس متراصة بشكل سائب كان من السهل إعادة انتشارها

عن طريق تيارات المياه والأنهار في الفترات التالية، ويمكن أن يفسر ذلك السبب في احتواء الحصى على قطع من الأشجار المتحجرة - غير قابل للتمييز بينه وبين الإرسابات المشابهة التي رُسبت بلا شك في عصر الأوليجوسين – ومنتشرة في نطاق عريض على سطح الأرض المنتمي لعصر الميوسين وعلى إرسابات أخرى في الجنوب الشرقي من منخفض القطارة.

قد نستنتج من توزيع إرسابات عصر الأوليجوسين ومواصفاتها أن القسم الأكبر من مصر تألف في عصر الأوليجوسين من أرض جافة، وكان خط الساحل الشمالي يمر على مقربة من شمال الفيوم وإلى الجنوب قليلا من القاهرة. لذلك، لا بد أنه قد حدث ارتفاع كبير لليابسة فيما بين عصري الإيوسين والأوليجوسين، ويبدو من المحتمل أنه بينما في القسم الأكبر من مساحة مصر جاء الارتفاع نتيجة حركة صاعدة بسيطة، فقد كان هناك طي هائل في المنطقة الشرقية، وبذلك بدأ تكوين منخفض البحر الأحمر وتكوين سلاسل الجبال على كلا جانبيه.

أما بخصوص الأنهار التي حتماً وُجدت في عصر الأوليجوسين، فيصعب تعقب مساراتها بأي درجة من الدقة، لكننا نعلم أن نهراً كبيراً قد تدفق تقريباً في اتجاه الشمال ليدخل الى البحر مباشرة في شمال ما يسمى الآن بالفيوم، بينما تدفقت أنهار أخرى بلا ريب في منخفض البحر الأحمر، وقد احتلت الأجزاء السفلى منها في ذلك الوقت على الأرجح بحيرة كبيرة، ومن المرجح أن نهراً قد تدفق جنوباً على امتداد خط خليج السويس الحالي، بينما سارت أنهار جديدة أخرى في مسار مجاري الأودية الرئيسية للصرف في اتجاه الشرق الموجودة في عصرنا الحالي. ويعرض شكل (١٠- ب) محاولة إعادة بناء المظهر العام لمصر كما كانت عليه في عصر الأوليجوسين. وسيلاحظ من الشكل أن وادي النيل كما نعرفه حاليا لم يكن موجودا وقتها، ويدل على ذلك عدم وجود أي رواسب بحرية تعود إلى عصر الميوسين اللاحق.

عصر الميوسين

تشغل طبقات عصر الميوسين حوالي ثُمن المساحة الكلية من سطح مصر. تستقر الطبقات بشكل غير متجانس على السطح المتآكل للصخور الأقدم عمراً، وتمتد

من غرب القاهرة في شريط يتسع بسرعة مباشرة عبر الجزء الشمالي من الصحراء الليبية ويستمر حتى برقة، مكونة هضبة ترتفع تدريجيا إلى الغرب وتصل لارتفاعات تزيد عن ٢٠٠ متر. تظهر الطبقات أيضاً في التلال شرق القاهرة، وكذلك في الجزء الجنوبي من خليج السويس وعلى أماكن متفرقة على امتداد جانبيّ خليج السويس وقرب ساحل البحر الأحمر. وفي منطقة البحر المتوسط تتكون طبقات عصر الميوسين من الأحجار الرملية والجيرية والصلصال يبلغ سمكها الكلي حوالي ٤٠ متراً وتحتوي على مجموعة من أصداف حفرية مميزة والتي تبدو في الأساس أنها من أصل بحري بالرغم من أنه في موقع واحد في الصحراء الغربية (في المغرة) توجد بالقيعان السفلى من السلسلة بقايا من فيل المستودون وحيوانات أرضية أخرى منقرضة.

في منطقة خليج السويس وساحل البحر الأحمر تكتسب طبقات الميوسين سمكاً أكبر بكثير، وأظهرت الفتحات الموجودة على سواحل خليج السويس أنها تحتوي هناك على طبقات سميكة من الجبس والملح الصخري من الواضح أنها قد ترسبت تحت ظروف بحيرات ساحلية ضحلة. في منطقة وادي غويبة – على الجانب الغربي من خليج السويس التي لا تبعد عن رأس الخليج – تحتوي أعلى طبقات الميوسين على أصداف من الأنواع التابعة للمياه العذبة.

ويلاحظ أن الأراضي التي يرجح أن طبقات الميوسين فيها مطمورة تحت إرسابات من عصر أحدث تقع في المقام الأول على امتداد سواحل البحر المتوسط والبحر الأحمر. ومن الممكن أن تمتد طبقات الميوسين عبر دلتا النيل أيضا على عمق هائل تحت طمي النيل، لكن لم يثبت هذا الرأي بعد، ولم تصل بعد آبار الاستكشاف العميقة التي حفرت في الدلتا إلى نهاية إرسابات الطمي التي أرسبت لاحقا.

أما الرقعة التي امتدت فيها طبقات الميوسين -لكن أزالتها التعرية فيما بعد- فنجدها محصورة في مناطق شرق القاهرة وعلى امتداد حدود خليج السويس والبحر الأحمر، حيث قطعت ثنيات وفوالق حادة استمرارية الطبقات الأصلية في أماكن عديدة، بالإضافة إلى عوامل التحات.

ويبدو من توزيع صخور الميوسين أنه حدث بداية إغراق عام لليابسة مسببا تقدم البحر جنوباً على امتداد الجزء الشمالي من البلاد حتى ما وراء نطاق واحة سيوة، كما اكتسح خليج السويس حتى منخفض البحر الأحمر، وقد ملأ بذلك منخفض البحر الأحمر وحوَّل بحيرة الأوليجوسين إلى لسان غير ظاهر للبحر المتوسط.

ويتضح من شكل (١٠- ج) الحدود المحتملة لليابس والماء في مصر في منتصف عصر الميوسين تقريباً. وفي الفترة اللاحقة من عصر الميوسين يبدو أن الإغراق العام لليابسة قد انقضى وتلته حركة رفع لليابسة مثل تلك الحركة التي حدثت سابقاً في عصر الأوليجوسين، وصحبها قدر كبير من الالتواءات والتصدعات في الأجزاء الشرقية من البلاد. ثم ظهر النيل بشكله الحالي إلى الوجود، وبارتفاع اليابسة تقهقر البحر، وشق النهر بالتدريج واديه العظيم في صخور العصور السابقة إلى عمق عظيم –غير محدد بدقة – التي يعلوها طمي النيل الحالي، بينما روافده النهرية (التي انضمت إليه آتية من سلاسل جبال البحر الأحمر) قد عملت على تآكل القنوات العميقة التي تشكل الآن الأودية الرئيسية للصحراء الشرقية.

وتعرضت جبال البحر الأحمر في وقت واحد لارتفاع قشرة الأرض بسبب الالتواءات، وربما صار برزخ السويس جافا مرة أخرى، وأصبح خليج السويس من جديد أقرب لقناة نهرية تصلها روافد من الجبال الواقعة على كلا جانبيه ويصرّف مياهه جنوبا في البحر الأحمر، ولأن البحر الأحمر نفسه كان آنئذٍ منغلقاً تماما وغير منفتح من ناحية البحر المتوسط، فقد صار منعزلا تماماً عن المحيط.

حتى خلال الفترة الباكرة من عصر الميوسين، عندما شكّل البحر الأحمر ذراعا للبحر المتوسط، كان تدفق المياه عبر برزخ السويس يجري بالكامل في اتجاه واحد ناحية الجنوب بلا شك، نتيجة لزيادة سرعة التبخر من هذا الذراع الذي يمثله البحر الأحمر مقارنةً بمعدله من البحر المتوسط نفسه، لدرجة لابد معها أن ملوحة مياه البحر الأحمر كانت تزداد تدريجياً. وكانت الزيادة مميزة على وجه الخصوص في أي بحيرة ساحلية. وفي الفترة الأخيرة من عصر الميوسين بعد أن انقطع الاتصال كلية بالبحر المتوسط، لابد أن زيادة الملوحة قد تواصلت نتيجة لكميات الملح التي حملتها الأنهار إلى البحر الأرضي.

ويبين شكل (١٠- د) محاولة لتصوير الحد المرجح لمصر عند نهاية عصر الميوسين. مع ذلك، يجب ملاحظة أنه لم يتم سبر عمق طبقات الصخر في الجزء السفلي من وادي النيل في أي مكان (أنزلت مثاقب إلى عمق ٩٦ و ١٠٥ متر في الإرسابات الفيضية لوادي النيل والدلتا في القاهرة والزقازيق على الترتيب وأخفق كلاهما في الوصول للصخر الصلب)، إننا لا نعرف لأي عمق انحدر مستوى البحر النسبي كنتيجة لارتفاع اليابسة في تلك الفترة، ولذلك من غير المؤكد لأي مدى تقدم ساحل البحر المتوسط شمالا، وربما كان هذا التقدم أكبر بكثير مما هو موضح بالخريطة.

عصر البليوسين

تشغل صخور عصر البليوسين جزءاً صغيراً (أقل من ١%) من مساحة سطح مصر. وهي تظهر في وادي النطرون وحوله وفي أماكن قليلة أخرى في المناطق الشمالية من الصحراء الليبية، وفي وادي النيل وفي القطاعات المنخفضة لبعض الأودية الرئيسية بالصحراء الشرقية وفي أماكن متفرقة على طول الساحل الغربي لخليج السويس والبحر الأحمر حتى رأس بناس جنوباً.

في الجزء السفلي من وادي النيل (شمالا من بني سويف) وعلى امتداد سواحل خليج السويس والبحر الأحمر تبدو ارسابات البليوسين البحرية مكونة من قسمين: قسم سفلي تتكون فيه حفريات حيوانات بحرية متوسطية، وقسم علوي توجد فيه أشكال بحرية تجمع ما بين بيئة البحر المتوسط والمحيط الهندي.

في أجزاء أخرى من البلاد تعد إرسابات البليوسين غالباً من أصول نهرية أو من أصول مصبات الأنهار. فعلى سبيل المثال، تتكون إرسابات البليوسين من الرمال والصلصال الجبسي المحتوية على بقايا أفراس النهر والأفيال والزراف والحيوانات البرية الأخرى بالإضافة إلى التماسيح والأسماك، وهي بذلك تبين أن مجرىً مائياً مهماً كان موجوداً في غرب النيل الحالي في الماضي، وفي القسم العلوي من وادي النيل (جنوباً من بني سويف) تتكون الإرسابات من تجمعات مختلطة مختلفة وحصى ورمال، من الواضح أنها حُملت إلى الوادي عن طريق مجاري مائية متأخرة متدفقة للداخل، بينما في الصحراء الليبية جنوبي واحة سيوة تتكون الإرسابات من الأحجار الجيرية للمياه

العذبة. ومن غير المعروف مستوى العمق الذي تمتد إليه إرسابات البليوسين في وادي النيل تحت قاع البحر الحالي، لكن وُجد أن قمم الإرسابات تصل إلى ارتفاعات متجانسة تبلغ نحو ١٨٠ مترا فوق سطح البحر أينما قاومت التعرية على امتداد جانبي الوادي.

وأسفل طبقات عصر البلايستوسين اللاحق تشكل المناطق الرئيسية التي تكمن على امتدادها طبقات البليوسين قاع وادي النيل من إسنا حتى القاهرة ومعظم مناطق الدلتا. ويعتقد أيضاً أنها توجد تحت إرسابات البلايستوسين على امتداد مناطق واسعة بمحاذاة سواحل خليج السويس والبحر الأحمر. ومن توزيع ومواصفات صخور البليوسين بوسعنا استنتاج أنه في الفترة الباكرة من عصر البليوسين بدأ غمر بحري واسع لليابسة، مسبباً ارتفاعا تدريجيا للمستوى النسبي لسطح البحر، ووصل مدى الارتفاع حتى عصر البليوسين الوسيط لحوالي ١٨٠ مترا فوق المستوى الحالي لسطح البحر المتوسط، وكانت نتيجته أن تقهقر خط الساحل الشمالي جنوبا حتى القاهرة ووادي النطرون، واكتسحت مياه المتوسط وادي النيل، وحولت الشريط الضيق الطويل لهذا الوادي إلى خليج بحري. ولم يتصل البحر الأحمر مرة أخرى بالمتوسط بغمره لبرزخ السويس فقط، بل أصبح متصلاً للمرة الأولى بالمحيط الهندي عبر مضيق باب المندب، وأتاح بذلك للحياة الحيوانية في البحر المتوسط والمحيط الهندي بالاختلاط في مياهه.

يبين شكل(١٠- هـ) الحدود المحتملة لليابس والماء على امتداد مصر في نهاية هذا الإرساب البليوسيني. في الفترة الأخيرة من عصر البليوسين انتهى إرساب اليابسة وتلته حركة رفع هائلة، رافقتها في الأجزاء الشرقية من البلاد التواءات وتصدعات شديدة. ومع ذلك، قبل حدوث حركة الارتفاع تلك، امتلأ الخليج النيلي تقريبا بالحصى والرمال اللتين جلبتهما إليه التدفقات المائية الأخيرة ومن تعرية جوانبه، وبارتفاع اليابسة تقهقر البحر بشكل سريع عن الخليج وبدأ النيل في نحت مجراه النهائي في الإرسابات المتراكمة، وقد تميزت مراحل متعاقبة في نحاتها النازل لأسفل المجرى بسلسلة من مصاطب الحصى تكونت في مستويات منخفضة متوالية. وكنتيجة للالتواءات والتصدعات الشديدة التي كانت تحدث في تلك الفترة في الأجزاء الشرقية من البلاد، كانت السلاسل

الجبلية في الصحراء الشرقية وسيناء تندفع لأعلى إلى ارتفاعات أكبر من أي ارتفاع بلغته مسبقاً، بينما خضعت أراض شاسعة في منطقة خليج السويس والبحر الأحمر للإرساب عن طريق التصدعات. وبالتزامن مع هذا الرفع الإضافي لسلاسل الجبال حدثت هناك كمية كبرى من التعرية بفعل الأمطار والأنهار. وقد نلاحظ هنا أنه بدخول الحصى في عصر البليوسين المبكر ليملأ وادي النيل، وجد أنه يحتوي أيضا على حصباء من حجر الصوان مشتقة من الطبقات الرسوبية لعصري الإيوسين والكريتاسي، مع قليل من مزيج من حصى الصخور البركانية مثل تلك التي تتألف منها سلاسل جبال البحر الأحمر، ومن المؤكد أن النويات البركانية لسلاسل جبال البحر الأحمر لم تصبح جرداء إلا في الفترة الأخيرة من عصر البليوسين.

عصر البلايستوسين والعصر الحديث

مع انتهاء عصر البليوسين بدأ عصر البلايستوسين الذي واكب العصر الجليدى الكبير في أوروبا وأمريكا الشمالية (إلا أنه لم يكن مميزا في مصر بالظروف الجليدية)، واستمر لحوالي نصف مليون عام. ويمتد العصر الحديث عبر ٢٠ ألف سنة منذ نهاية عصر البلايستوسين.

تتألف آثار الإنسان البدائى في مصر أساسا من أدوات صخرية، يُنسب أقدمها للحضارة التشيلية Chellean وهي من أدوات خام تعود إلى حوالي منتصف عصر البلايستوسين، بينما تلك البقايا المصنعة الأكثر إتقاناً امتدت من العصور التالية للبلايستوسين وصولاً إلى الفترات التاريخية.

وبناءً على العصور المتتالية للنشاط الحضاري الإنساني في مصر – حسبما قام على الأنواع المختلفة من الأدوات التي وجدت حتى الآن في وادى النيل وحوله، وعلى الصلات الجيولوجية للطبقات التي ترتبط بها هذه الأدوات؛ يمكننا تقسيم العصرين البلايستوسين والحديث بدرجة مناسبة الى المراحل التي يعرضها جدول (٢) [٢]:

هذا وتغطي الإرسابات التي استقرت في العصرين الجيولوجيين "البلايستوسين والهولوسين" حوالي سدس المساحة الكلية لسطح مصر. وهى تتكون أساسا من السواحل المرتفعة والشعاب المرجانية على امتداد حدود البحر الأحمر وخليج السويس،

بينما ينتشر الحجر الجيري الأوليتي (الحُبيبي) في كثبان رملية مندمجة على امتداد ساحل البحر المتوسط غرب الاسكندرية، والرواسب الفيضية(الحصى والرمال وطمى النيل) في وادى النيل والدلتا، والارسابات البحيْرية وطمي النيل في منخفض الفيوم، والحصى الفيضي والرمال في قنوات الصرف والمنخفضات في الصحراء وعلى السهول الساحلية، والطوفا الجيرية في واحات الخارجة وكُركُر، والكثبان والتراكمات الأخرى من الرمال الناتجة عن الرياح في الصحراء الليبية.

الشواطئ المرتفعة والشعاب المرجانية بالبحر الأحمر وخليج السويس

كثيرًا ما يلاحَظ وجود بقايا شواطئ بحرية قديمة وشعاب مرجانية في أماكن عديدة على امتداد حدود البحر الأحمر وخليج السويس، على ارتفاعات كبيرة فوق المستوى الحالي لسطح البحر. سُجلت على سبيل المثال شواطئ وشعاب مرجانية على امتداد ساحل البحر بين سفاجا والقصير، على ارتفاعات مختلفة قدرت بحوالي ٢٤، ٧٢، ٩٠، ١١٤، ١٥٦، ١٦٨، ٢٣٨ متر فوق سطح البحر، سُجل أدناها على مقربة من البحر، وأعلاها عند ارتفاع يبعد بين ٤ الى ٧ كم؛ بينما عند الحد الجنوبي لشبه جزيرة سيناء توجد سلسلتان من الشعاب المرجانية، واحدة منخفضة عند ارتفاعات يبلغ ٢٥ م، وأخرى مرتفعة عند مستويات تبلغ ٢٠٠ م أو أعلى فوق مستوى سطح البحر.

ومع ذلك، لا ترجع كل هذه الشواطئ المرتفعة والشعاب المرجانية لعصر البلايستوسين والعصر الحديث؛ حيث يعتقد أن أعلاها يرجع إلى الميوسين، وتلك الواقعة عند ارتفاعات متوسطة ترجع الى عصر البليوسين، بينما التي لا يتعدى مستوياتها ١٠٠ م تقريباً فترجع الى عصر البلايستوسين والعصر الحديث. تُبدي الشواطئ المرتفعة والشعاب المرجانية ذات المستوى المنخفض اتصالا واستمرارية مقارنة بالشواطئ والشعاب الأعلى، ولا تقع أبداً على مسافة قصيرة داخل اليابسة من خط الساحل الحالي.

ومن ثم، يمكن أن نستنتج أنه بين بداية عصر البلايستوسين وعصرنا الحالي أن خضعت الأراضي الواقعة على حدود البحر الاحمر وخليج السويس لارتفاع -أو أن

مستوى البحر قد انخفض -لحوالي مائة متر تقريبا. وطبقاً لذلك، فإننا يجب أن نُرجع إلى هذا العصر الكشف النهائي عن برزخ السويس.

الحجر الجيري الحُبيبي على ساحل البحر المتوسط

أكثر ما يميز ساحل البحر المتوسط غرب الإسكندرية وجود سلاسل تلال مؤلفة من حجر جيري حُبيبي ناعم -غالباً ما يصل ارتفاعها لعشرين مترا أو أكثر. وتمتد هذه السلاسل موازية للساحل لمسافات طويلة. وبصفة عامة تمتد سلسلة واحدة من التلال بمحاذاة خط الساحل، بينما السلسلة الثانية تمتد موازية للأولى على مسافة بضعة كيلو مترات بعيدا عن الساحل، وأحياناً ما تكون هناك سلسلة ثالثة بين الثانية وحافة الهضبة الليبية.

إن المنطقة الداخلة بين التلال الساحلية والتلال الأخرى التي تليها بعيداً عن الساحل -تشغلها في بعض الأماكن بحيرات ملحية ومستنقعات، وفي أماكن أخرى منخفضات ضحلة ذات قيعان طفلية، وعادة ما يفصل شريط ثانٍ من أرض طفلية سلسلة التلال الثانية عن الثالثة، أو عن الهضبة الليبية.

وعند سطح الجرف الذي يشكل بداية الهضبة الليبية، يمكن رؤية الحواف الرقيقة للإرسابات الجيرية الحبيبية في بعض الأماكن مستقرة فوق الأحجار الجيرية لعصر الميوسين التي تشكل الهضبة نفسها.

وعلى امتداد الساحل يمكن رؤية الرواسب ممتدة تحت المستوى الحالي لسطح البحر، وتثبت الآبار المحفورة داخل الأراضى في البقاع الطفلية التي توجد بين سلاسل التلال المتعاقبة أن الإرسابات الجيرية الحبيبية تقع تحت الغطاء الطفلي وتمتد أيضا هناك إلى أعماق تحت مستوى سطح البحر الحالي. ولأن كل هذه الآبار تقريباً قد حفرت لغرض الحصول على الماء - الذي وجد عامةً عند مستوى سطح البحر أو بالقرب منه - بينما نتج عن حفر الآبار لأكثر من متر أو مترين تحت ذلك المستوى أن أصبح إمداد المياه أكثر ملوحة، فهي إذاً لم تخترق السمك الكلي للإرسابات الجيرية الحبيبية، لكن في مثقب عميق تم حفره منذ بضع سنوات أثناء التنقيب عن النفط عند نقطة تقع

حوالي ٣ كم جنوب شرق مرسى مطروح، وجد أن أساس الرواسب الجيرية الحبيبية يقع عند حوالي ٤٣ مترًا تحت سطح البحر.

بالنظر إلى تضاريس سلاسل التلال وعدم وضوح أساسها التحتي فضلًا عن والطبيعة شديدة الصقل للحبيبات المكونة، فإن هذه الإرسابات الجيرية الحبيبية نشأت على الأرجح من اندماج كثبان رملية ساحلية قديمة. لذلك، فهي رسوبيات أرضية حملتها الرياح، ولأن أساس هذه الإرسابات في موقع واحد على الأقل يصل لحوالي ٤٣ مترًا تحت مستوى سطح البحر الحالي؛ فيجب أن نستنتج أنه في الوقت الذي تكوَّنت فيه هذه الإرسابات لأول مرة كان البحر المتوسط قد استقر منسوبه أدنى عما هو عليه الآن بنحو ٤٣ متر على الأقل قياسا باليابسة.

ولقد دلتنا دراسة الإرسابات التي كوّنها النيل في واديه ودلتاه إلى الاستنتاج أن البحر المتوسط قد ظل على مكانه تقريبا عند هذا العمق تحت مستواه الحالي في العصور السبيلية المتأخرة فقط؛ وهو ما يرجح أن الكثبان التي نشأت عنها الإرسابات قد تكونت في العصر السبيلي المتأخر، أي ما بين عام ١٠,٠٠٠ ق.م و١٢,٠٠٠ ق.م تقريبا، وأن مناخ ساحل البحر المتوسط بمصر كان عند تلك الفترة أقل رطوبة عما هو عليه حاليا. ولأن البحر المتوسط كان أدنى عما هو عليه الآن بـ ٤٣ مترًا، فلا بد أن الساحل الشمالي لمصر كان يوجد شمال الحد الحالي بما يزيد بحوالي ثمانية أو عشرة كيلو مترات شمالا.

الإرسابات الفيضية في وادي ودلتا النيل

ينتشر الحصى والرمال من عصر البلايستوسين إلى العصر الحديث محاذيا حافة الأراضي المزروعة في أجزاء عديدة من وادى النيل، حيث تكوّن سلسلة من المصاطب عند ارتفاعات مختلفة فوق قاع الوادى.

تشير الدراسة المفصلة لهذه المصاطب أن النهر قد كوّنها عند مستويات منخفضة متتالية عندما كان يوسّع مجراه تدريجيا. وهي ذات أهمية كبرى تمكننا من تعقب هذه التغيرات التي حدثت في المستويات النسبية لليابس والماء خلال عصر البلايستوسين والحديث، وسنعرض لها بالتفصيل في الفصل التالي. لكن يجب أن نذكر

هنا أن دراستها تدل أنه بعد انتهاء عصر البليوسين استمر سطح البحر في الانخفاض مقارنة باليابسة، واستمر في نحت مجراه إلى الأسفل في إرسابات البليوسين حتى قارب عصر البلايستوسين على الانتهاء، أي بعد فترة طويلة من ظهور الإنسان على الساحة لأول مرة.

وعند حوالي منتصف العصر الموستيري-خلال العصر الحجري القديم في مصر- انخفض البحر المتوسط لحوالي ١٢ مترًا تحت مستوى سطحه الحالي، وانخفض النيل عند خط العرض المار بالقاهرة لحوالي ١٧ مترًا دون مستواه الحالي، ووصل خط ساحل الدلتا لحوالي ٩٠ كم شمال القاهرة فقط. ثم جاءت حركة عكسية نسبية؛ فبدأ البحر في الارتفاع نسبيا مقارنة باليابسة، وبنهاية العصر الموستيري، وعند خط العرض المار بالقاهرة ارتفع منسوب البحر عن مستواه الحالي بنحو ١٦ مترًا كما ارتفع منسوب النيل فوق منسوبه الحالي بنحو ٧ أمتار. بينما تراجع خط الساحل للدلتا لحوالي ٨٢ كم من القاهرة. وبنهاية العصر الحجري القديم حدثت حركة انعكاسية أخرى؛ فهبط البحر مرة أخرى مقارنة باليابسة، ثم انخفض في نهاية المطاف في نهاية العصور السبيلية لأدنى مستوى له وهو حوالي ٤٣ متراً تحت مستوى البحر المتوسط الحالي، وهبط النيل عند خط العرض المار بالقاهرة لحوالي ٣٣ مترا تحت مستواه الحالي، بينما تقدم خط الساحل للدلتا شمالا لحوالي ١١ كم وراء موقعه الحالي.

ثم في الفترة الانتقالية بين نهاية العصر الحجري القديم والعصر الحجري الحديث حدثت الحركة العكسية مرة أخرى، فارتفع البحر والنيل مقارنة باليابسة وبنهاية العصر الحجري الحديث (حوالي ٦٠٠٠ ق.م) ارتفع البحر والنهر عند خط عرض القاهرة لحوالي ٨ أمتار تقريبا عن مستواهما الحالي، بينما تراجع خط الساحل للدلتا حتى وصل لحوالي ٢ – ٣ كم شمال موقعه الحالي. وبذلك، ما بين أواسط العصر الحجري الحديث وعصرنا الحالي ارتفعت مستويات البحر والنيل عند خط عرض القاهرة لحوالي ٨ أمتار مقارنة باليابسة، وتراجع خط الساحل للدلتا لحوالي كيلو مترين أو ثلاثة كيلو مترات جنوبا ليصل إلى موقعه الحالي. لم يزد هذا التراجع الكلى لخط الساحل عن ١١ كم، وقد نتج عن ارتفاع بلغ ٤٣ مترا للمستوى النسبي للبحر فيما بين

العصور السبيلية المتأخرة وعصرنا الحاليس، وذلك بالطبع بسبب الزيادة المستمرة في الإرسابات الدلتاوية عن طريق ترسب الطمي.

عبر العصور الطويلة التي تكونت خلالها المصاطب النهرية في وادى النيل، كانت هناك كميات هائلة من الحصى والرمال يحملها النيل الى البحر. وانتشرت هذه الرواسب حول مصبات النهر على شكل دلتا، وأصبح سطح هذه الدلتا مكشوفا بدرجة متزايدة وخضع للتحات النهري حين انخفض مستوى سطح البحر. في أغلب الأحوال، طُمرت هذه الرمال والحصى الدلتاوي الآن تحت غطاء من طمي النيل الذي تكوّن لاحقاً، ولهذا سُمّيت: "رواسب ما تحت الدلتا".

لكن في هذا المكان وغيره، خاصة في الأجزاء الشرقية من الدلتا، ترتفع تلك الرمال والحصى عبر غطاء الطمي هذا مكونة الضفاف الحصوية الدائرية المعروفة باسم "ظهور السلاحف". ليس من الصعب الوقوف على كيفية نشأة "ظهور السلاحف" فهي مجرد الأجزاء الأكثر تماسكا والأكثر مقاومة في الإرسابات الدلتاوية من الرمال والحصباء التي تكونت في البحر حول مصبات النهر في الفترة التي كان مستوى سطح البحر فيها أعلى من اليابسة بدرجة أكبر مما كان عليه الآن، وبانخفاض المستوى النسبي للبحر تفككت الأجزاء الأقل تماسكا من الرواسب بفعل المياه، وأعيد توزيع مكوناتها تحت المياه، بينما ظلت الأجزاء الأكثر مقاومة في مكانها وكوّنت الجزر.

إن الطمي الذي يغطي الأرض المنبسطة لوادي النيل ومعظم سطح الدلتا ويكوّن أرض مصر الزراعية قد رسبته مياه الفيضان عبر العصر الجيولوجى الحديث. إن طمي النيل بمعناه الحقيقي - أي الطبقة العليا من الرواسب، والذي يصل سمكه لحوالي ٩ أمتار ويتكون من مواد معدنية متنوعة شديدة النعومة مع القليل من مخلوط الرمال - قد ترسب كلياً خلال العشرة آلاف سنة الاخيرة أو يزيد، ولا يزال إرسابه سارياً ببطء.

وتحت هذا التراكم العلوي من طمي النيل النقي تقريبا، هناك طبقة سميكة كبيرة من الرمل المختلط بالطمي قد ترسبت من النهر خلال الفترة الانتقالية ما بين العصرين الحجريين القديم والحديث، وسبب ذلك أنه عندما ارتفع مستوى البحر كان النيل يرفع قاعه ويزيد مستويات سهله الفيضي في شمال مصر بشكل نسبي وسريع.

وإذا كان هذا الخليط من الطمي والرمال قد استقر في الدلتا على الرواسب الدلتاوية التي ذكرناها سابقا، فإنه في الوادي استقر إما على الحصى النهري من أواخر العصر الحجري القديم، أو على السطح التحاتي للإرسابات التي تكونت في خليج البليوسين.

في جنوب مصر بين وادى حلفا ونجع حمادي، تظهر رواسب سميكة من الغرين تعود لنهاية العصر الحجري القديم (السبيلي المبكر) على امتداد جانبي وادي النيل حتى ارتفاعات تقل كلما اتجهنا شمالا - من حوالي ٣٠ مترًا فوق السهل الفيضي الحالي قرب وادى حلفا إلى حوالي ٦ أمتار فوق السهل الفيضي الحالي بالأقصر وتتطابق مع السهل الفيضي الحالي عند نجع حمادي. هذه الرواسب الفيضية -التي لا تقتصر كليا على وادي النيل بل تمتد في بعض الأماكن لمسافات بعيدة داخل الصحراء – لا يختلف محتواها كثيرا في صفاته عن طمي النيل الحديث، لكن ثبت قِدَمها الساحق سواء بعلاقاتها الطبقاتية او أدوات حجر الصوان التي توجد فيها. وهي تغطى الشرفات الحصوية السفلى للعصر الموستيري. وبذلك تدل على أنه عند نهاية تلك الفترة التي بدأ فيها النيل في جلب هذه الكميات الهائلة من الطمي إلى مصر أن ارتفع قاع النهر من شمال الجندل الثاني أو وادي حلفا تدريجيا عن طريق تراكمها، على الرغم من أن تحاتها كان يعمل بشكل متواصل في الجزء الشمالي من مصر لدرجة أن زادت بشكل هائل درجة انحدار النهر من وادي حلفا في اتجاه الشمال لفترة زمنية، وسُدت مصبات أودية الصحراء الشرقية بصعيد مصر بحيث تدلنا أن الظروف الصحراوية قد تكونت في الجزء الجنوبي من مصر بنهاية أواسط العصر الحجري القديم.

تعد المسألة المتعلقة بكيفية جلب النهر هذه الكميات الهائلة من الغرين إلى مصر في العصور السبيلية الأولى شديدة الأهمية. وكما سنشرح في فصل لاحق، فهناك احتمال كبير أن تكون هذه الكميات قد جاءت من أحد فروع بحيرة كبرى كانت توجد في تلك الفترة في منطقة السُّد بالسودان، والتي كان النيل الأزرق والأبيض في الماضي يصبّان فيها مياههما ويرسّبان فيها حمولتهما العالقة.

الرواسب البحيرية وطمى النيل في منخفض الفيوم

يغطي الحصى والرمال المحتويان على أصداف المياه العذبة من عصر البلايستوسين المتأخر حتى العصر الحديث مساحات شاسعة في الأجزاء المحيطة بمنخفض الفيوم، حيث تشكل سلسلة من المصاطب في ارتفاعات مختلفة تصل لحوالي ٤٤ مترا فوق سطح البحر.

يمكن تتبُّع بعض المصاطب العليا والقديمة سواء على جوانب المنخفض نفسه أو على امتداد جوانب ترعة الهوّارة حتى وادي النيل، حيث تندمج في بعض المصاطب النهرية التى ذكرناها بالفعل.

تميّز مصاطب الفيوم بوضوح خطوط الشاطئ لبحيرة عذبة داخل الأرض كان النيل يغذيها وظلت على حالها لمستويات مختلفة وفي أزمنة مختلفة. تبين لنا دراسة المصاطب المختلفة أن منخفض الفيوم فد تجوَّف إلى عمقه الكامل قبل أن يدخل إليه النيل، وأن اقتحام النيل للمنخفض وما تلاه من تكوين البحيرة قد حدث في الفترة الأخيرة من بدايات العصر الحجري القديم.

عندما تكونت البحيرة بشكل كامل للمرة الأولى، وصلت الى ارتفاع يقدر بحوالي ٤٠ مترا فوق المستوى الحالي لسطح البحر المتوسط، أي أعلى بمقدار متر أو مترين من مستوى النيل في ذلك الوقت عند خط عرض الفيوم. وبذلك فقد ملأت المنخفض بأكمله، وكانت مساحتها أكبر من مساحة بركة قارون حاليا بنحو ١٤ مرة، وكانت سعتها تفوق سعة بركة قارون حاليا بمائة ضعف. لكن فيما بعد - ما بين بدايات العصر الحجري القديم والعصر الحجري الحديث خضع مستوى البحيرة (وبالتالى مساحتها وسعتها) لتغيرات معقدة نوعا ما ومتتالية نتيجة للتغيرات في مستوى النيل والذى كان يتصل بها اتصالاً حراً؛ فانخفض مستواها لحوالي عشرة أمتار فوق مستوى سطح البحر الحالي في أواسط العصر الحجري القديم، وبنهاية ذلك العصر ارتفع مستواها إلى ٣٤ مترا، ثم انخفض لحوالي خمسة أمتار تحت مستوى سطح البحر الحالي عند نهاية العصر الحجري القديم، وارتفع مرة أخرى لحوالي ١٨ متر فوق مستوى سطح البحر الحالي في بواكير العصور الحجرية الحديثة. وفيما بعد في العصر الحجري الحديث بدأ

مستوى البحيرة مرة أخرى في الانخفاض، وهذه المرة كانت مستقلة عن النيل، حيث إن مدخله الحر إلى المنخفض سده تراكم الغرين الجزئي الناتج عن القناة الواصلة بينه وبين البحيرة، وكانت نتيجة ذلك فقدان الماء من البحيرة عن طريق البخر بدرجة تزيد عن محصلة تدفق الماء إليها.

وفيما يختص بالتغيرات في سطح البحيرة في العصور التاريخية فهناك جدال عريض. فلو صدقنا ما قاله هيرودوت فقد أُعيد الاتصال الحر بالنيل اصطناعيا على يد ملك من الأسرة الثانية عشرة، فارتفع مستوى البحيرة لما يقرب من حوالي عشرين مترًا فوق مستوى سطح البحر واستقر عند هذا الارتفاع وظل الاتصال بالنهر مستمرا لما يزيد عن ألف عام تالية.

مع ذلك، من المؤكد أنه في عصر بطليموس الثاني لم يعد الاتصال حرا، فقد انخفض مستوى البحيرة -ربما يسبب التقييد الاصطناعي لتدفق الماء من النيل- إلى مستوى أقل نوعا ما عن مستوى البحر المتوسط، وكذلك من المؤكد أنه في العصور الرومانية ازداد انخفاض البحيرة إلى مستواها الحالي والذى يبلغ حوالي ٤٥ مترا تحت مستوى سطح البحر.

إن طمي النيل الذي يغطى القسم الأكبر من قاع منخفض الفيوم ويشكل الأرض المزروعة في المديرية، يعد مشابها بالضبط لطمى وادي النيل والدلتا، وقد ترسب كله في العصور الجيولوجية الحديثة.

وقد استقرت الطبقات العميقة في الفيوم بلا شك على أرضية البحيرة التي ملأت المنخفض تقريبا قبل العصور البطلمية، بينما تراكمت الطبقات العليا تدريجيا بالترسب من ماء الري الذى سيق للأرض منذ استصلاحها.

وتدلنا خطوط الكنتور لأراضي الفيوم بوضوح على أن الرمال والحصى من أواسط العصور الحجرية القديمة والرمال وطمى النيل من العصور التالية قد ترسب معظمها على شكل دلتا بحيرية منتشرة على شكل مروحة من النقطة التي تدخل عندها مياه النيل للمنخفض، وهذا يؤكده دليل الفتحات التي تمت في المديرية والتي شُقت بشكل ثابت من طمي النيل إلى الرمال عند أعماق ضحلة نسبياً تحت السطح.

هناك مثاقب غير ناجحة حفرتها وزارة الأشغال العمومية للحصول على المياه الجوفية بمدينة الفيوم، شُقت أولا عبر طبقة من طمى النيل سمكها حوالي ٥ أمتار، ثم عبر متر ونصف من الطمى المختلط بالرمال، ثم في النهاية عبر ١٢ متر من الرمال والحصى قبل الوصول إلى الطين الجيرى (المارل) لعصر الإيوسين والأحجار الجيرية التي تشكل الأرضية الصخرية الحقيقية للمنخفض. ولكون موقع مدينة الفيوم قرب رأس دلتا البحيرة، فإن متوسط سمك طمى النيل والرمال والحصى المطمورين على امتداد الفيوم ككل يعد بكل الاحتمالات أقل بكثير عند ذلك المكان.

الرواسب الفيضية في وديان ومنخفضات الصحاري وعلى السهول الساحلية

تتألف قيعان الأودية الجافة التي تحمل تصريف مياه الصحراء الشرقية إلى النيل من مواد فيضية مصدرها تعرية سلاسل جبال البحر الأحمر بالقرب من رؤوس الوديان. اشتقت هذه المواد الفيضية من كتل حجرية وجلاميد، لكن بالنزول لأسفل تتفتت إلى حصى ورمال.

معظم القيعان المسطحة للأراضى المنخفضة مغطاة بالرمل والرواسب الفيضية، لكن ذلك ليس سوى غطاء رقيق حسبما بيّنت الآبار المثقوبة في قاع الوادي عبر تراكمات سميكة من الحصى والجلاميد. واتضح أن العديد من مصبات الأودية المتجهة نحو النيل مسدود تماما بالرواسب الفيضية القديمة، التي أثبت دكتور ساندفورد أنها تعود إلى أواخر العصر الحجري القديم. في بعض الأودية الأكبر حجما هناك ضفاف عالية من الحصباء القديمة التي شقت فيها تياراتُ المياه طريقها، تاركة مصاطب مشابهة لتلك التي أشرنا إلى وجودها في وادي النيل.

لم تحظ مصاطب الأودية هذه بدراسة وافية مقارنة بالمصاطب النهرية في وادي النيل، لكن في وادي قنا سجل ساندفورد مصاطب عند ارتفاعات وصلت لحوالي ٣٤، ١٥، ٩، ٣ أمتار فوق أرضية الوادي، والتي استنتج بناءً على أدوات حجر الصوان الموجودة بها أنها ترجع للعصور: التشيلية، قبل الموستيري، الموستيري المبكر، والموستيرى المتأخر على الترتيب.

سيلاحظ أن هذه المصاطب تقع عند نفس الارتفاعات فوق قاع وادي النيل، حيث تقع مصاطب نفس العصر في وادى النيل فوق السهل الفيضي للنهر، وهى حقيقة تدل على أنه في العصرين الحجري القديم المبكر والأوسط كوّن وادي قنا مجرى مائي عريض يتدفق نحو النيل.

لذلك قد نستنتج أنه في العصرين الحجري القديم المبكر والأوسط لا بد أن أمطارا غزيرة سقطت على الصحراء الشرقية، بينما يبين انسداد فوهات الأودية بالغرين في العصر الحجري القديم المتأخر أنه بحلول ذلك العصر أصبح المناخ أجف وبدأت الظروف الصحراوية في الظهور.

تتدفق الأودية الصحراوية من الجانب الشرقي لسلاسل جبال البحر الأحمر إلى كل من البحر الأحمر وخليج السويس، وتلك الأودية التي تصرّف شرقا وغربا من جبال شبه جزيرة سيناء تتسم بشدة الانحدار وأكثر صلابة مقارنة بتلك الاودية التي تصرّف الى النيل، لكن تحتوي العديد منها على مصاطب من الحصى، وفي مساراتها على امتداد السهول الساحلية بعد خروجها من التلال تجتاز إرساباتٍ هائلة من الحصى قد تراكمت على شكل مراوح فيضية.

إن الحصى الواقع شرق الحد الفاصل بين النيل والبحر الأحمر قد دُرس بدرجة أقل من دراسة تلك الأودية التي تصرِّف إلى النيل، لكن أدوات من العصر الحجري القديم قد جمعها السيد جورج ولش مري كما جمع مثيلًا لها أيضا من أودية واصف ورباح، بالقرب من وادى سفاجا[٣]، كما وجد دكتور ساندفورد أدوات من العصر الموستيرى في موضعها الطبيعي في واد حصوي بالقرب من البحر الأحمر عند ارتفاع يقدر بستة أمتار فوق أرضية الوادي[٤]. فلذلك لا يمكن أن يكون هناك شك أنه في هذه المنطقة أيضا كانت الأودية تملؤها تيارات متدفقة قبل نهاية أواسط العصر الحجري القديم.

وخلافا لصحراوات الجانب الشرقي من النيل وفي شبه جزيرة سيناء، يقطع الصحراء الغربية (الليبية) القليل من الأودية، وهو ما يدل على سيادة ظروف قاحلة لعشرات الآلاف من السنين (إن لم تكن مئات الآلاف). ومع ذلك فهناك أودية قليلة

قصيرة الطول تقوم بالتصريف شرقا في اتجاه وادى النيل، وشمالا الى ساحل البحر المتوسط، بالإضافة إلى أودية أخرى - تماثلها في أنها قصيرة الامتداد - تقوم بالتصريف مركزياً إلى منخفضات الواحات العديدة، وفي بعض هذه الأودية وحولها توجد رواسب حصى فيضي ورواسب فيضية خلفتها تيارات تدفقت فيها في الماضي. هذه الرواسب لم تُدرس حتى الآن إلا بدرجة طفيفة، لكنها بلا ريب تكونت في عصر البلايستوسين والعصر الحديث، وبذلك وفرت دليلا أنها خلال هذين العصرين لا بد أنه كانت هناك فترة ما أو فترات كان جفاف المناخ فيها أقل تميزاً عما هو عليه حاليا.

وهناك شرائط من اليابس تحاذي البحر المتوسط من شرق وغرب دلتا النيل يغطيها الطفل الرملى، وتزرع فيها في بعض الأماكن محاصيل الحبوب، خاصة في السنوات التى يكون فيها معدل هطول الأمطار جيداً.

هذه الطفلة - التى كثيرا ما توجد بها قواقع أرضية من نوع *Rumina decollata* - ترسبت في العصور الجيولوجية الحديثة عن طريق التيارات التي تحمل معها نتاج انحلال الأحجار الرملية والجيرية والصلصال من عصر الميوسين من الهضاب والتلال المتاخمة. ولا يزال تراكم الطفلة سارياً، فكل المطر الغزير الذي يهطل أحيانا على طول الساحل الشمالي يسبب سيولا تتدفق للأودية من التلال وتنشر حمولتها الفيضية على امتداد السهول الساحلية.

الطوفا الجيرية في واحتي الخارجة وكُركُر

إن واجهة الجرف العظيم الذى يشكل الحد الشرقي لمنخفض واحة الخارجة مغطىً في أماكن عديدة بارسابات سطحية من الطوفا الكلسية، والتي يبدو - من الطريقة التى تكسو بها صخور الجروف الأقدم عمراً - أنها قد ترسبت بعد أن تجوَّف منخفض الواحة عمليا لعمقه الحالى.

أثبتت السيدتان كاتون طومسون وجاردنر[٥]، من دراسة حديثة مفصّلة لإرسابات الطوفا، أن بها نوعين واضحين يرجعان لعصرين مختلفين. أقدم هذين النوعين ذو بنية مصمتة، ولون سطحه أزرق ضارب إلى السواد نتيجة التجوية، وعمره الدقيق غير معروف لكنه يستقر في كل مكان على صخور العصر الثلاثى التى يتألف

منها الجرف كلياً، وإرسابها يعود الى العصر الحجري القديم الباكر فيما يبدو. أما النوع ال
الأصغر عمراً من الطوفا - الذى يستقر على صخر البريشيا والحصى اللتين كوّنهما انجرافُ الماء من الجرف لأسفل - فذو بنية مسامية أو خلوية، ولون سطحه أسود بلون الصدأ نتيجة التجوية، ويحتوى على أوراق وفروع شجرية بالإضافة إلى أصداف مياه عذبة، ترجع لأواسط العصر الحجري القديم، حيث وجد أنه في موقع كان قاعه - البالغ سمكه عشرة أمتار - يستقر على حصى محتوٍ على أدوات من بواكير العصر الحجري القدم، وأن القاع نفسه تعلوه حصباء وحصى الطوفا ويحتوي على أدوات صناعية بشرية من بواكير العصر الحجري القديم الى أواسط العصر الحجري القديم، وفوق الحصى طبقة فيضية بيضاء، تعلوها طبقة أخرى من الطوفا الخلوية بسمك مترين.

من الواضح أن كلا النوعين من الطوفا قد ترسبا من المياه العذبة المحتوية على كربونات الكالسيوم المذابة التي تدفقت إلى واجهة الجرف، وبذلك فهي - مثل بقايا الأشجار وغيرها الموجودة فيها - تدل على أن المناخ خلال ترسبها كان رطباً الى حد ما مقارنة بالمناخ الحالي، لكن من مداها المحدود لا يبدو أنه من الأرجح أن هطول الأمطار في تلك البقعة لم يكن حينئذ غزيراً على الاطلاق.

أما بداخل واحة كُركُر- الأقل حجما والاكثر ضحالة - وحولها، فتوجد رواسب للطوفا الكسلية مشابهة لتلك الطوفا في الواحات الخارجة، وتعود بكل الاحتمالات إلى نفس الفترة الزمنية [٦].

الكثبان الرملية والتراكمات الأخرى للرمال بفعل الرياح

يقع قسم هائل من سطح الصحراء الليبية ومن الجزء الشمالي من شبه جزيرة سيناء أسفل تراكمات من الرمل جلبتها الرياح. تتخذ هذه التراكمات الرملية في الأجزاء الشمالية والوسطى من الصحراء الليبية شكل خطوط طويلة من الكثبان يصل ارتفاعها لـ ٣٠ متر أو أكثر، تمتد على طول اتجاه الرياح شمال الشمال الغربي السائد، وتستمر هذه الخطوط لمسافات طويلة تصل أحيانا إلى مئات الكيلومترات. في الأجزاء

الجنوبية من الصحراء الليبية تتخذ الرمال التي تذروها الرياح شكل سهول مسطحة أو متموجة.

في شمال سيناء، هناك بقاع شاسعة محاذية للبحر المتوسط تشغلها كثبان يشابه ارتفاعها نفس ارتفاع مثيلاتها في الصحراء الليبية، لكنها تُظهر نسقاً أقل ترتيبا، وكثيراً ما تحتوي على فجوات تضم بداخلها حدائق من النخيل وعدد من الآبار. فيما يختص بعمر هذه التراكمات الرملية المتنوعة فمن المرجح أن كل الكثبان في شمال ووسط صحراء ليبيا قد تكونت في العصر الجيولوجي الحديث ولا يزال تراكمها سارياً حتى الآن، والأطراف الجنوبية من الكثبان تتقدم بشكل بطيء ناحية الجنوب، وأطرافها الشمالية تغذيها باستمرار مواد متجددة مشتقة من تفكك الأحجار الرملية سهلة التفتيت التي تكوِّن الجروف الشمالية من منخفض القطارة والمنخفضات الأخرى، وتنقلها الرياح في اتجاه الجنوب.

تعود التراكمات الرملية في سهول الأجزاء الجنوبية من الصحراء الليبية في قسم كبير منها إلى البلايستوسين، عندما اكتمل تجويف الفيوم والمنخفضات الكبرى الأخرى في الصحراء الليبية بفعل الرياح حسب الاعتقاد السائد، وتبدو المواد المكونة لها أنها قد نشأت إلى حد كبير من تفكك الحجر الرملي النوبي الذي تكونت منه قيعان منخفضات الواحات الكبرى والسطوح الصخرية الرئيسية في الصحراء الواقعة بجنوبها. ربما بدأ تكون الكثبان الرملية في شمال سيناء مع ارتفاع اليابسة في عصور البلايستوسين، وفي الغالب اشتقت مكوناتها من شواطئ البحر حيث جرى ارتفاعها بشكل متتالٍ.

ملخص التغيرات الجيولوجية في مصر خلال عصريّ البلايستوسين والحديث

يمكن تلخيص الاستنتاجات المذكورة في الدراسة الموجزة السابقة للإرسابات المتنوعة لعصر البلايستوسين والعصر الحديث كما يلى: -

عند بداية عصر البلايستوسين (أي منذ نصف مليون عام تقريبا) ارتفع مستوى سطح البحر عن مستواه اليوم بمقدار ١٠٠ متر تقريبا - مقارنةً باليابسة. وكان

البحران المتوسط والأحمر متصلين ببعضهما البعض، وكانت قطع ضيقة من الأراضي الجافة الآن التي تحاذي هذين البحرين غارقةً تحت مياههما. ومع ذلك، كان مستوى سطح البحر وقتها ينخفض ببطء [٧]، واستمر في الانخفاض عبر مراحل متتالية حتى في العصور الموستيرية الوسيطة (أي منذ حوالي ٣٠ أو ٤٠ ألف سنة) واختلفت حدود اليابسة والبحر بدرجة طفيفة عما هي عليه حالياً، باستثناء أن النيل قد تدفق إلى ما كان وقتها خليجًا للبحر، وامتدت دلتاه لما يقرب من ٩٠ كم فقط شمال خط العرض المار بالقاهرة ثم ارتفع مستوى سطح البحر لمدة زمنية، محققاً ارتفاعاً يصل لحوالي ستين متراً فوق المستوى الحالي للبحر المتوسط، وبالتالي خضعت اليابسة لخفض طفيف في امتدادها.

لكن مع انتهاء العصر الموستيري بدأ مستوى سطح البحر في الانخفاض مرة أخرى، وبنهاية العصر الحجري القديم (أي حوالي عام ١٠,٠٠٠ ق.م) انخفض لمسافة ٤٣ متراً تحت المستوى الحالي للبحر المتوسط، وبالتالي فإن قطعاً من اليابسة – المغمورة الآن تحت البحر على امتداد الشواطئ – كانت جافة، وضاق حجم خليج السويس، وتقدم الخط الساحلي للدلتا حوالي ١١ كيلومتر وراء نطاقه الحالي. ويتضح من شكل (١١) الحدود القصوى لمصر عند نهاية العصر الحجري القديم. وفي الفترة الانتقالية بين العصرين الحجريين القديم والحديث، بدأ البحر مرة أخرى في الارتفاع قياساً باليابسة، أو بدأت اليابسة في الغمر قياساً بالبحر. ونتج عن هذه الحركة أن بدأت اليابسة تدريجياً تكتسب حدها الحالي. تسببت التغيرات المذكورة سابقاً في المستويات النسبية لليابسة والبحر خلال عصر البلايستوسين والعصر الحديث بالطبع في تغيرات حدثت في مستوى ودرجة انحدار النيل في مصر، فقد تدنى مجرى النيل عن طريق التحات مع كل انخفاض في مستوى البحر النسبي وارتفع مجراه بتراكم الإرسابات مع كل ارتفاع.

حدثت في الصحاري كمية كبيرة من التعرية القارية خلال عصريَّ البلايستوسين والحديث. ولا بد أن نعزو لهذه التعرية جزءاً كبيرا من تغير معالم الصحراء. في المناطق الجبلية بالصحراء الشرقية وسيناء كانت عوامل التعرية الأساسية هى بلا شك الأمطار والتيارات الهوائية، بينما يبدو أن معظم تغير مظاهر

السطح في الصحراء الغربية قد تحقق بفعل النحت الذي قامت به الرياح المحركة للرمال.

هناك سؤال ذو أهمية قصوى لدى علماء الآثار حول ما إذا كان قد حدث اتصال أرضى بين افريقيا وآسيا عندما ظهر الإنسان البدائي للمرة الأولى في وادي النيل. أعتقد أن إجابة هذا السؤال يجب أن تكون بالإيجاب. إذ تشير أقدم آثار وبقايا الإنسان المعروفة على وجه اليقين في مصر الى الحقبة التشيلية من العصر الحجري القديم، عندما ارتفع البحر لأعلى من ٤١ متر عن اليابسة مقارنة بمستواه الحالي. ويعد أعلى جزء من البرزخ الذي شقته قناة السويس هو حي الجسر الذى يقع شمال الإسماعيلية بقليل، حيث يبلغ متوسط منسوب الارض حوالي ١٦ مترًا فوق سطح البحر.

ومن ثم، لو حدثت زيادة في مستوى سطح البحر حتى لمسافة ٢٠ مترا في عصرنا الحالي؛ فان الماء سيغمر شريطاً ضيقا من الأرض يتنوع اتساعه على الطول الكلى للبرزخ. لكن يجب أن نقر بصحة أن قدرا كبيرا من التعرية قد حدث خلال الألف عام أو أكثر التي انقضت منذ بداية العصور الأشولية، وعندما نضع في اعتبارنا حقيقة أن الأرض في حي الجسر تتكون من صلصال بركانى - والذى من الطبيعى أن يخضع بشكل سريع لأثر عوامل التعرية - فقد يبدو بأية حال من المستحيل- أو من المحتمل في الحقيقة - أن سطح الأرض في ذلك المكان انخفض لحوالي ٢٥ أو ٣٠ مترا بسبب التعرية في تلك الفترة الفاصلة. وبالطبع في تلك الحالة لا بد أن تكون أرض جافة قد وصلت بين أفريقيا وآسيا منذ بداية العصور التشيلية حتى شق قناة السويس عام ١٨٦٩.

هوامش الفصل

(1) " Geology of Egypt " , Vol 2 , Part 1. Cairo 1934 , p.17.

(٢) التواريخ الموجودة لمراحل العصر الحجري الحديث ليست سوى تواريخ تقريبية، لكونها في الحقيقة مجرد تخمينات مقبولة من الناحية الشكلية

(٣) وصف دكتور ف. هـ ستيرز بعض الأدوات التي جمعها مستر مري في تلك الأماكن ورسمها في:Harvard University Studies,Vol 1. Cambridge (U.S.A),1917 ,PP.48-82.. انظر أيضاً ورقة بحثية كتبها دكتور

G.C. Seligman " The older Paleolithic age in Egypt " in the Journal of the Royal Anthropological institute ,Vol.L.I , London 1921 , pp.115-144.

(4) Report of the commission on Pliocene and Pleistocene terraces. International Geographic Union , 1928 , p.17.

(5) Caton –Thompson (G.) and Grdner (E.W) , " The prehistoric Geography of Kharga oasis " , Geographical journal , vol.Lxxx (1932) pp.389-393.

(6) Ball (J.) , " Gebel Garra and the oasis of Kurkur " ,Cairo 1902 ,p.33.

(٧) أي ينخفض قياسا باليابسة. واعتقد أنه من المؤكد من الناحية العملية أنه على الأقل حتى العصور الموستيرية كان الانخفاض في مستوى سطح البحر النسبي نتاج ارتفاع بطيء لليابسة على مستوى إقليمي، ناهيك عن تغير في مستوى سطح البحر نفسه.

الفصل الثالث:

المصاطب النهرية لوادي النيل

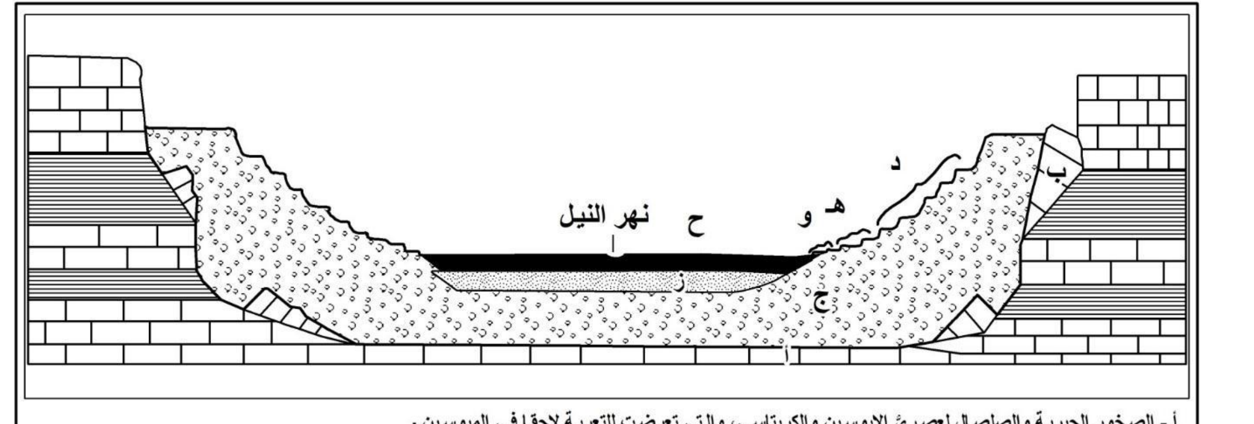
والأدلة التي توفرها عن التغيرات القديمة في مناسيب اليابس والماء

على امتداد جانبيّ وادي النيل تظهر في أماكن عديدة -عند مناسيب مختلفة فوق الأرض الفيضية المزروعة -بقايا سلسلة من مصاطب حَصَوية من الواضح أن النهر قد كوّنها على مراحل متعاقبة من نحت مجراه رأسيا منذ نهاية عصر البليوسين.

خضعت هذه المصاطب مؤخرا لدراسات جيولوجية وأثرية مستفيضة ودقيقة أجراها الدكتور ساند فورد والدكتور أركيل، ومن أبحاثهما استقينا معظم معرفتنا الحالية عن تلك المصاطب وعما تحويه من أدوات حجر الصوان[1]. يمكن الحصول على فكرة عامة عن العلاقات بين المصاطب المتنوعة من شكل(11) الذي يقدم رسمًا توضيحيًا لقطاع عبر وادي النيل في صعيد مصر. مع ذلك، لا يجب تخيل أن كل المصاطب الموجودة في هذا القطاع التصويري تعتبر محفوظة في موقع واحد، فالواقع أنه يمكن رؤية صفين أو ثلاثة فقط من المصاطب في أي مكان. إذ أزالت التعرية بقية المصاطب على أحد جانبيْ الوادي أو على كلا جانبيه.

في بعض الأماكن لا يتبقى من المصاطبَ سوى أرصفة صخرية متآكلة بعد أن أزيل منها بالكامل الحصى الذي كان يغطيها سابقا، وفي أماكن أخرى تعرضت المصاطب المتعاقبة للتفكك ولم يبق منها سوى تراكمات من الحصى عند مستويات أدنى. تقع المصاطب الحصوية الخمس العليا – والتي رمزنا لها بحرف "د" في الشكل(11) فوق مستوى السهل الفيضي الحالي على ارتفاعات تقدر بنحو 140 – 115 – 90 – 60 – 45 متر. وما نعرفه الآن أنها لا تضم أية أدوات أو آثار للإنسان البدائي، ويُعتقد أن النهر قد كوّنها في عصر البليوسين المتأخر أو البلايستوسين الباكر. ويمكن إرجاع أعلى صفين من المصاطب فيها في القسم الشمالي من النهر إلى عصر البليوسين المتأخر، بينما الثلاث مصاطب الأخرى -التي يمكن تتبُّعها في أماكن متفرقة على طول قطاع النيل من وادي حلفا حتى القاهرة فتعود لعصر البلايستوسين الباكر.

المصطبتان التاليتان – والتي رُمز لهما بحرف "هـ" في الشكل السابق -فيصل ارتفاعهما على التوالي لحوالي 30 متر و15 متر فوق السهل الفيضي الحالي، ويمكن تتبعهما بالمثل في أماكن متقطعة على امتداد مسيرة النهر من وادي حلفا إلى القاهرة، وتعودان إلى بدايات العصر الحجري القديم. وتحتوي المصطبة ذات ارتفاع 30 متر على أدوات من العصر التشيلي، وذات الارتفاع 15 متر على أدوات من العصر الأشولي.



أ - الصخور الجيرية والصلصال لعصريْ الإيوسين والكريتاسي، والتي تعرضت للتعرية لاحقًا في الميوسين .

ب - كتل منسلّة من الحجر الجيري على جانبي صخور الوادي البدائية .

ج - بطانة تعود لعصر البليوسين مكونة من خليط مركب من الحصى والرمال .

د - مصاطب نهرية من عصر البليوسين المتأخر والبلايستوسين الباكر .

هـ - مصاطب نهرية من العصر الحجري القديم الباكر تحتوى على أدوات من الفترة الشيلية والأشوليّة.

و - مصاطب نهرية من العصر الحجري القديم الأوسط وبها أدوات من العصر الموسيترى.

ز - رمال وغرين وحصى مطمورة تعود للعصر الحجري القديم (السبيلي).

ح - طمى النيل مكوناً الأراضي الزراعية بالسهل الفيضي الحالي .

شكل 11: قطاع تصويري عبر وادي النيل بصعيد مصر

يوضح المصاطب النهرية

أما المصطبتان المنخفضتان – والتي يرمز لهما بالحرف "و" – فكلتاهما من العصر الحجري القديم الأوسط. وتحتوي أعلاهما على أدوات من العصر الموستيري الباكر ويمكن تتبعها على ارتفاع متجانس قدره حوالي 9 أمتار فوق المستوى الحالي للسهل الفيضي في قطاع النهر من أسوان إلى أسيوط، وشمال هذا المكان تبدو كأنها قد أزالتها التعرية، بينما المصطبة الدنيا التي تحتوي على أدوات من العصر الموستيري ويمكن تتبعها عند ارتفاع 3 أمتار فوق المستوى الحالي للسهل الفيضي في قطاع النهر بين أسوان والأقصر، لكن بالاتجاه شمالا يبدو أنها تختفي تحت المستوى الحالي للسهل الفيضي.

وفيما بين نجع حمادي والقاهرة -على مستويات تقدر بـ 3 – 8 أمتار فوق منسوب السهل الفيضي الحالي ينتشر حصى من العصر الموستيري وبه الأدوات التي وجدها دكتور ساندفورد وأرجعها إلى مرحلة متأخرة من العصر الموستيري مقارنة بذلك الحصى الذي يؤلف المصطبة ذات ارتفاع الثلاثة أمتار الموجودة جنوبا، ويستنتج دكتور ساندفورد من ذلك الحصى ومن ملاحظات أخرى أن النيل خلال العصر الموستيري الوسيط خفض منسوب سهله الفيضي إلى المستوى المنخفض الحالي للنيل عند الأقصر حاليا، وخفض عمقه انخفاضا كبيرا دون المستوى المنخفض الحالي للنيل عند القاهرة، ثم رفع من منسوب سهله الفيضي خلال العصر الموستيري المتأخر لحوالي 4 أمتار فوق المستوى الحالي لسهله الفيضي عند الأقصر، ولحوالي 8 أمتار فوق المستوى الحالي لسهله الفيضي عند القاهرة.

ومن وادي حلفا شمالا حتى نجع حمادي، طُمرت مصاطب العصر الحجري القديم الأوسط إلى حد بعيد تحت الرواسب السميكة من الغرين الذى يعود لأواخر العصر الحجري القديم (السبيلي الباكر) والتى بلغت 30 متر فوق السهل الفيضي الحالي عند وادي حلفا وإلى ارتفاعات ضئيلة نسبيا نحو الشمال، بما لا يتجاوز 6 أمتار فوق مستوى السهل الفيضي الحالي في الأقصر ومتفقة في منسوبها مع منسوب السهل الفيضي الحالي عند نجع حمادي. هذه الرواسب الفيضية من العصر السبيلي الباكر - التي لا تقتصر على وادى النيل بل تمتد أيضا لمسافات كبيرة داخل الصحراء بالقرب من وادى حلفا وأبو سمبل وفي سهل كوم أمبو -أصبحت هي نفسها فيما بعد مجرى للنيل روافده - مع تكون رواسب هامشية وُجدت معها أدوات من العصر السبيلي

الوسيط عند ارتفاعات تتراوح بين 21 و 12 متر فوق المستوى الحالي للسهل الفيضي بالقرب من وادى حلفا ودراو على الترتيب،

كما عُثر على أدوات من العصر السبيلي المتأخر عند ارتفاعات تقدر بـ 12 متر فوق السهل الفيضي الحالي عند وادي حلفا. كما تم العثور على حصى محتوٍ على أدوات من العصر السبيلي الوسيط في قاع النيل عند مستوى يقدر بحوالي 39 متر فوق سطح البحر عند جزيرة شيبه - التى تقع على مسافة 16 كم جنوب أبو قرقاص - وعند مستوى 27 مترا تقريبا فوق مستوى سطح البحر عند قرية الحيبة، الواقعة جنوب الفشن بنحو 4 كم.

وفي وادي النيل شمال الفشن لا تبدو ترسبات العصر السبيلي مرئية في أى مكان لكونها مطمورة تحت الغرين الحديث، لكن دكتور ساندفورد وجد أن ترسبات الحصى والنيل المحتوية على أدوات من العصر السبيلي الباكر تمتد على جانبي قناة الهوارة النابعة من وادي النيل، وتنتهي في منخفض الفيوم عند مستويات تدل على أنه في العصور السبيلية الباكرة كان السهل الفيضي للنهر في بنى سويف أعلى مما هو عليه حاليا بحوالي 3 أمتار. وبناءً على حقيقة أنه لم يتم العثور على ترسبات من العصر السبيلي المتأخر في أي مكان بوادي النيل شمال أسوان فقد نستدل أنه في أواخر العصور السبيلية قد استقر السهل الفيضي للنهر في شمال مصر عند مناسيب أدنى بكثير تحت مستواه الحالي.

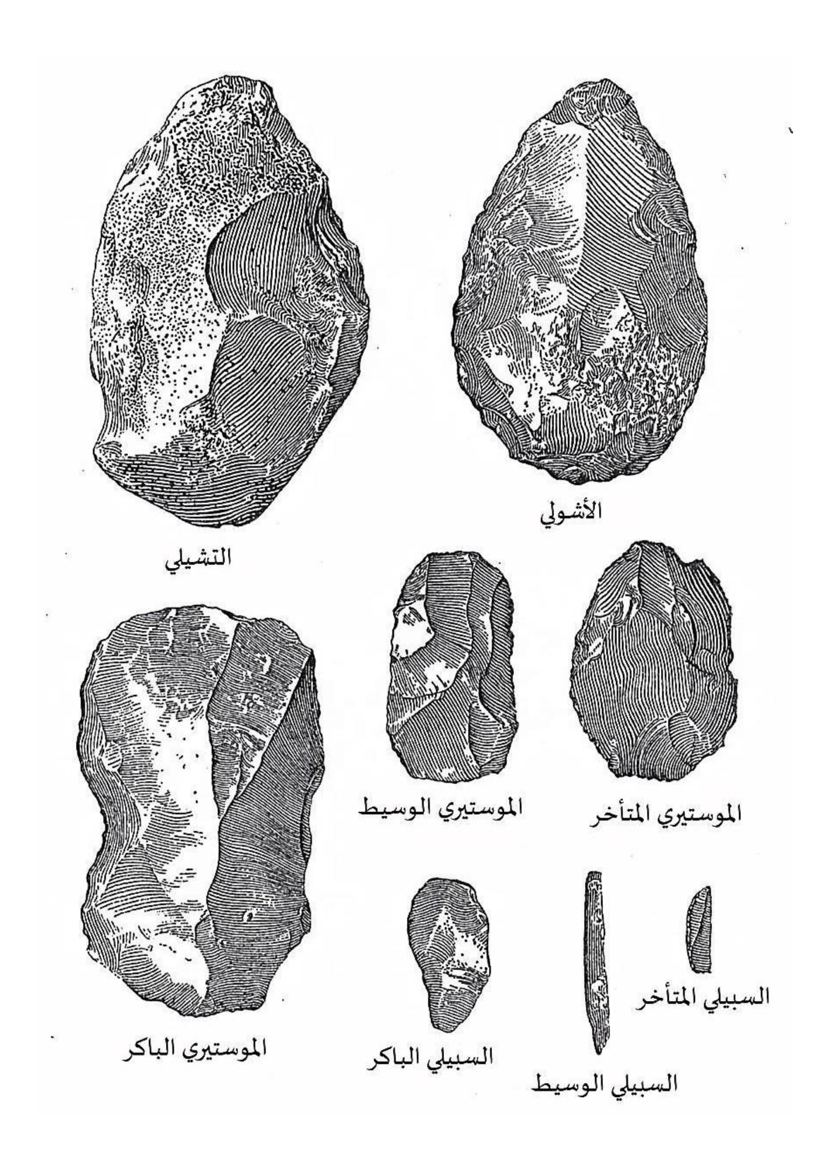
لم تُكتشف أية أدوات من الفترة الانتقالية بين أواخر العصر الحجري القديم ومطلع العصر الحجري الحديث، ولا من العصر الحجري الحديث نفسه في أي موقع بوادي النيل بمصر، بالرغم من اكتشاف مقدار وفير من أدوات العصر الحجري الحديث على الهضاب المحاذية له وكذلك في الفيوم وفي بعض منخفضات الواحات.

وبالتالي، فإننا نستنتج من ذلك أنه على امتداد الفترة الانتقالية والعصر الحجري الحديث كان النيل في مصر يتدفق عند مستويات دون مستوياته الحالية، وأنه إذا كان إنسان العصر الحجري الحديث قد عاش في الوادي فلا بد أن آثار معيشته موجودة في الترسبات المطمورة الآن تحت الطمي الأحدث الذي يشكل السهل الفيضي الحالي.

تدعم هذا الاستنتاج بقوة ملاحظة كاتون - طومسون وجاردنر من أن مصطبة معروفة جيداً من الرمال البيضاء يُعتقد أنها تعود للعصر الحجري الحديث الأوسط، توجد في الفيوم عند ارتفاع 18 متر تقريبا فوق سطح البحر، وتميز بوضوح خط شاطئ بحيرة الفيوم عند تلك الفترة. كانت هذه البحيرة بالتأكيد في هذه الفترة متصلة اتصالا حرا بالنيل، ويتضمن ذلك أن منسوب السهل الفيضي للنيل عند بنى سويف في بواكير العصور الحجرية الحديثة لم يكن يتجاوز 20 مترًا فقط فوق مستوى سطح البحر الحالي، أي أدنى بحوالي 7 أمتار عن مستواه حاليا.

وبوسعنا من الأدلة التي ذكرناها تلخيص التغيرات المتتالية في مستوى النيل في مصر خلال عصر البلايستوسين والعصر الحديث عل النحو التالي: -

على امتداد الفترة الباكرة من عصر البلايستوسين وحتى بداية العصور الحجرية القديمة الوسطى، كان النحت هو فعل النهر الرئيسي، واستمر في تعميق مجراه في ترسبات البليوسين بكميات هائلة، انتشرت في كل مكان من وادي حلفا حتى البحر، تاركا تتابعاً من مصاطب الحصى موازية للسهل الفيضي الحالي على ارتفاعات متعاقبة منخفضة تتراوح ما بين 90 متر إلى حوالي تسعة أمتار فوق منسوب السهل الفيضي الحالي. ومع ذلك لم يعد التحات هو فعل النهر فيما بعد ذلك بشكل كلي، ولم تظل منحدراته بلا تغيير ملحوظ كما هو الوضع الآن. فخلال الفترات الوسطى والمتأخرة من العصر الحجري الوسيط (الموستيري) بدأ النيل أولاً في خفض مجراه عن طريق التحات، ثم رفعه مرة أخرى عن طريق الترسيب، وقد حدثت كلتا العمليتين بدرجة أكبر في الأجزاء الشمالية من البلاد عن الأجزاء الجنوبية منها. بينما خلال العصر العصر الحجري القديم المتأخر (السبيلي) رفع النهر مستوى قاعه أولاً بين وادي حلفا ونجع حمادي عن طريق ترسيب كميات هائلة من الغرين (وكان التحات في غضون ذلك لا يزال يتواصل في الشمال) ومن ثم عمل النهر بالتالي على تحاته في كامل مجراه في مصر، وانخفض مستوى النهر في الجزء الشمالي من البلاد إلى عمق كبير دون المستوى الحالي للسهل الفيضي.



شكل12: نسق من أدوات الصوان في العصر الحجري القديم كما وُجدت في وادي النيل (عن ساند فورد، بتصريح من المعهد الشرقي بشيكاغو).

وفي الفترة الانتقالية بين أواخر العصر الحجري القديم والعصر الحجري الحديث، بدأ الترسُّب من جديد، وببداية العصر الحجري الحديث رُفع مستوى قاعه في شمال مصر لدرجة أن انحداره أصبح مرة أخرى مشابهاً لانحدار السهل الفيضي حالياً، بالرغم من أن مستواه كان أدنى ببضعة أمتار تقريبا.

كان طمي النيل حينئذ خاضعاً لعملية الترسيب، وبالتالي كان مستوى النهر وسهله الفيضي يرتفعان في كل مكان من الجزء المصري من وادي النيل، باستثناء جندل أسوان، حيث كان التحات يتواصل واستمر هذا الوضع حتى يومنا هذا.

علاقة المصاطب بالتغيرات النسبية لليابس والماء

على الرغم من التغيرات التي حدثت في مستوى ودرجة انحدار النهر في عصر البلايستوسين والعصر الحديث كانت بلا شك قد حدثت مباشرة بفعل عمليتي النحت والنقل لنهر النيل نفسه فمن المؤكد أن مستوى البحر قياساً باليابسة لا بد أنه كان على الدوام مسيطرًا على هذين الفعلين، لأن النهر لا يمكنه أبدا في أي وقت أن يحتّ قاعه إلى عمق أقل بكثير من مستوى سطح البحر في ذلك العصر، ولا بد أن سطح السهل الفيضي كان يحاول أن يتماس مع مستوى سطح البحر في تلك الفترة. وعلاوة على ذلك، تدل التضاريس والخصائص الجيولوجية للأراضي على كلا جانبي الدلتا أنه خلال عصر البلايستوسين والهولوسين لم تقع مصبات النيل إلى الجنوب قط من القاهرة ولا أبعد كثيرا من شمال الخط الحالي لساحل الدلتا.

ولذلك يبدو من المؤكد أنه عندما كان النيل يكوّن مصاطب عند ارتفاعات كبيرة فوق مستوى سهله الفيضي الحالي، فقد استقر البحر المتوسط عند مستوى أعلى بكثير من مستواه الحالي قياسا باليابسة. وعلى العكس من ذلك، عندما كان النيل يحت مجراه الى أعماق أدنى من مستوى قاعه الحالي بكثير، فقد استقر البحر المتوسط عند مستوى أدنى من مستواه الحالي مقارنة باليابسة.

بل ويمكننا أن نذهب لأبعد من ذلك ونحاول تقدير تتابع التغيرات وحجمها في المستوى النسبي للبحر المتوسط منذ بداية عصر البليوسين المتأخر فما بعده، بالنظر الى ارتفاعات درجات وانحدارات المصاطب النهرية المتنوعة والتضاريس الموجودة للأراضي المتاخمة للدلتا، واضعين في الحسبان بالطبع ما تعرضت له تلك الأراضي من التعرية في الفترة الزمنية الفاصلة.

يمكننا الاستعانة بالطريقة التي اتبعها ساندفورد وآركل في أماكن مختلفة من وادي النيل لتقدير مستويات انحدار النهر عبر العصور الماضية استدلالًا بمناسيب المصاطب المختلفة فوق مستوى السهل الفيضي الحالي.

ولكي يتحقق ذلك فإننا نحتاج أن نعرف:

أولا: ارتفاعات السهل الفيضي الحالي فوق سطح البحر في هذه الأماكن المختلفة.

ثانيا: المسافات بين القاهرة وهذه الأماكن حسبما قيست على امتداد خط منتصف الوادي. ويضم (جدول3) هذه الارتفاعات والمسافات اعتمادًا على الخرائط الطبوغرافية مقياس 100.000/1 التي نشرتها مؤخراً مصلحة المساحة المصرية.

ويجب التنويه أن مناسيب السهل الفيضي في ذلك الجدول للمدن في الوادي لا تعبر عن مناسيب المدن في حد ذاتها، بل هي مناسيب السهل الفيضي عند حده الغربي حيث يتصل بالصحراء قبالة تلك المدن، بحيث تُمَثّل النقطة المرجعية بأقرب ما في الإمكان عند كل مكان، مع الإشارة إلى أن الارتفاعات للمصاطب المختلفة قد تم أخذ قياسها في الواقع. وتم في الجدول أيضا إدراج النقطة التي يمتد عندها خط من شمال القاهرة مباشرة ليقطع ساحل البحر لكي نسمح بمقارنة متوسط انحدار السطح الغريني للدلتا مع نظيره للسهل الفيضي الحالي في الوادي.

سيلاحظ من الجدول أنه باستثناء المدى القصير البالغ 7 كم من الشلال إلى أسوان (الذي يضم جندل أسوان) فإن الانحدار الطولي للسهل الفيضي الحالي على امتداد أي بقعة كبيرة لن يكون أشد انحدارًا من 1م لكل 10.000م. وكذلك باستثناء منطقة الجندل، فإن متوسط انحدار السهل الفيضي هو في الواقع أكثر تسطحا في المناطق جنوب الأقصر مقارنة بالمناطق تحتها، وأن متوسط انحدار السهل الفيضي للدلتا من القاهرة إلى الساحل يعد من الناحية العملية متطابقاً مع متوسط ميل السهل الفيضي للوادي من الأقصر إلى القاهرة[2].

وفي مسألة التغيرات في المستوى النسبي للبحر المتوسط التي حدثت منذ بداية عصر البليوسين المتأخر يهمنا رصد التغيرات في منسوب وانحدار السهل الفيضي في القطاع الأخير من مجرى. لذلك، سنختار بنى سويف التي تقع (بالقياس على امتداد

خط منتصف الوادي) على بعد 109 كم جنوب القاهرة وتقريباً قبالة قناة الهوارة التي تؤدى إلى الفيوم، وسنتخذ بني سويف نقطة مناسبة نقدّر عندها الفترات التي تكونت فيها المصاطب المختلفة. وربما يكون من الصواب طرح فرضيتين في هذا الصدد:

أولاً -أنه خلال الفترة التي نتناولها بالبحث استمرت درجات انحدار السهل الفيضي عند بني سويف تميل في اتجاهها شمالا نحو البحر كما هو الوضع حالياً.

ثانياً – أنه عندما كان هناك تدفق حر من النيل إلى بحيرة في منخفض الفيوم كان منسوب فيضان النيل عند بنى سويف أعلى بمترين أو أكثر تقريبا من منسوب بحيرة الفيوم في ذلك الوقت.

وفيما يتعلق بالمصاطب الثمانية الأعلى التي تعود الى بداية عصر البليوسين المتأخر وإلى العصر الموستيري الباكر، فليست هناك صعوبة في تحديد مواقعها، لأن ملاحظات دكتور ساند فورد ودكتور أركيل أشارت إلى أنها كانت دومًا موازية بشكل ملحوظ للسهل الفيضي الحالي عند مناسيب 140، 115، 90، 60، 45، 30، 15، 9 أمتار بالترتيب.

وبذلك نتيجة لأن ارتفاع السهل الفيضي الحالي عند بنى سويف يقدر بـ 27 مترًا فوق متوسط مستوى سطح البحر الحالي، فإن ارتفاعات السهل الفيضي عند ذلك الموقع في الفترات التي تشكلت عندها المصاطب الثمانية العليا كانت على الترتيب: 167، 142، 117، 87، 72، 42، 64، 36 متر فوق مستوى سطح البحر الحالي، وكانت درجة الانحدار في كل هذه المناسيب حوالي 1 متر لكل 10.500م، وتلك كانت درجة الانحدار التقريبية للسهل الفيضي الحالي من بنى سويف حتى البحر.

وهناك صعوبة في تقدير مناسيب وانحدار السهل الفيضي في العصور اللاحقة على العصر الموستيري الباكر، ويجب أن تستند إلى حد كبير على الاستدلالات، ذلك لأن المصاطب المتكونة في وادي النيل في ذلك العصر مطمورة في معظمها تحت الطمي الحديث.

يستنتج دكتور ساندفورد من ملاحظاته أنه في العصر الموستيري الوسيط خفّض النيل سهله الفيضي إلى منسوب قريب مما يبلغه مستوى النهر عند حده الأدنى (وقت التحاريق) في الاقصر، وإلى عمق أدنى مما يبلغه النهر حاليا عند حده الأدنى

(التحاريق) في بني سويف. كانت الأدلة غير وافية لإظهار العمق الدقيق الذي تواصل عنده انحلال التربة في بني سويف، لكن ثبت بوضوح أن السهل الفيضي بين الأقصر والبحر قد حاز انحدارا أكبر بكثير من انحداره الحالي البالغ 1م لكل 10.500م، ومن المرجح أن انحداره وصل إلى نحو 1م لكل 9000م، وهو ما يعني أن منسوب السهل الفيضي عند بنى سويف كان أعلى بنحو 12 مترا فوق مستوى سطح البحر الحالي، وذلك في العصور الموستيرية الوسيطة.

في العصر الموستيري المتأخر كان منسوب السهل الفيضي عند بنى سويف أعلى بنحو 36 مترا فوق مستوى سطح البحر الحالي، حسبما يشير وجود الحصى من تلك الفترة على امتداد جانبي قناة الهوارة المؤدية الى منخفض الفيوم وحول شطآن البحيرة التي وجدت في الماضي في ذلك المنخفض عند مستوى 34 مترا فوق سطح البحر. وحيث أن الحصى -الذي يُعتقد أنه من نفس العصر -يوجد بالقرب من القاهرة عند مستوى 25 متر تقريباً فوق مستوى سطح البحر الحالي؛ فقد نستنتج أن معدل انحدار السهل الفيضي شمال بنى سويف بلغ 11 مترا لكل 109 كم، أو لنقل 1م لكل 10.000م.

في العصور السبيلية الباكرة، تدلنا ملاحظات ساندفورد وأركيل أن منسوب السهل الفيضي فوق مستوى سطح البحر الحالي كان حوالي 155 متر عند وادي حلفا، و67 متر عند نجع حمادي، و30 متر عند بنى سويف. وهذا يعني أن معدل انحدار النهر بين وادي حلفا ونجع حمادي بلغ 88 مترًا في 660 كم، أي بمتوسط ميل قدره حوالي 1م لكل 7500م بين هذين الموقعين، و37 مترًا في 410 كم، أي متوسط ميل قدره حوالي 1م لكل 11.000م فيما بين نجع حمادي وبنى سويف. وهو ما قد يدعو للافتراض بأن انحدار السهل الفيضي عند بنى سويف شمالا حتى البحر، كان مسطحا بعض الشيء عن الرقم الأخير أو لنقل 1م لكل 11.500م.

في العصور السبيلية الوسيطة، تشير ملاحظات نفس الباحثيْن أن منسوب السهل الفيضي فوق مستوى سطح البحر كان حوالي 146 مترا عند وادى حلفا، وحوالي 100 متر عند دراو، وحوالي 39 متر عند جزيرة شيبه (التى تقع على بعد 146 كم جنوب أبو قرقاص)، وحوالي 27 متر عند الحيبة (التي تقع على بعد 4 كم جنوب الفشن)، وبذلك فقد بلغ متوسط ميل السهل الفيضي حوالي 1م في 8400 م على

امتداد المسافة البالغ قدرها 380 كم بين وادى حلفا و دراو، وحوالي 1م في 8600م على امتداد المسافة البالغ قدرها 585 كم بين دراو وجزيرة شيبه، وحوالي 1م لكل 10.000م على امتداد المسافة البالغ قدرها 119 كم بين جزيرة شيبه والحيبة. وقد لا نكون على خطأ إذا افترضنا أن مقدار الانحدار من الحيبة في اتجاه الشمال حتى البحر كان يماثل تقريبا منسوب السهل الفيضي عند بنى سويف في تلك الفترة (أي 24 مترًا).

في العصور السبيلية المتأخرة، استنتج ساندفورد وأركيل من ملاحظاتهما أن النيل قد خفّض مستوى سهله الفيضي لحوالي 137 مترًا فوق مستوى سطح البحر الحالي عند وادي حلفا، ولعمق كبير جدا لكن غير مؤكد دون مستوى سهله الفيضي الحالي في مصر السفلى.

وبدون توافر المزيد من المعلومات عن هذا العمق فلن يكون ممكنا بالطبع أن نصل إلى أية أرقام قطعية لمناسيب السهل الفيضي وانحداره عند بنى سويف في العصور السبيلية المتأخرة. لكن يبدو أن المستويات التي وُجدت عندها الرمال والطمي قد أفسحت مجالا للرمال الخشنة والحصباء في المثاقب الاستكشافية التي حفرتها الجمعية الملكية في 1887 في الزقازيق، وتلك التي حفرها في رشيد عام 1885السيد كورنيش مدير إدارة الري بالإسكندرية[3]، وهو ما قد يتوافق مع الأعماق التي قد تدنّى إليها السهل الفيضي عند هذين المكانين في العصور السبيلية المتأخرة، وبذلك توفرت لنا البيانات الإضافية التي نحتاجها لتحلينا هنا.

كانت الأعماق التي حدث عندها التغير هي 27 متر تحت مستوى سطح البحر الحالي في الزقازيق، و41 متر تحت مستوى سطح البحر الحالي في رشيد. ولأن هذين المكانين يقعان على أبعاد مختلفة في الدلتا؛ فبالطبع يجب أن نستخدم اختلاف بعديهما نصف القطري عن القاهرة بدلا من استخدام المسافة الطويلة المباشرة بينهما، لكي نحسب انحدار السطح الدلتاوي المخروطي المسطح الذي يحتوي على النقاط التي حدث عندها التغيير في موضعي المثاقب الاستكشافية.

تبلغ المسافة بين القاهرة والزقازيق في خط مستقيم 66 كم، ومن القاهرة الى رشيد 170 كم، والفرق بين المسافتين نصف القطرية بين موضعي الحفر 104 كم، عندما تكون درجة ميل السطح لمخروط مسطح يحتوي على النقطتين وقمته عند

القاهرة تصل الى 1م لكل 7400 م تقريبا، ومن اللافت للنظر أن ذلك هو نفس انحدار السهل الفيضي في العصر السبيلي المتأخر من وادى حلفا إلى الزقازيق إذا افترضنا أنه ينحدر بشكل متجانس من ارتفاع 137 متر فوق مستوى سطح البحر الحالي عند الموقع الأول، وإلى 27 متر تحت مستوى سطح البحر الحالي عند الموقع الثاني (رشيد).

ولذلك، بالإقرار بمعدل الانحدار هذا وبالحساب من الزقازيق، فإن مستوى السهل الفيضي عند بنى سويف في العصور السبيلية المتأخرة يصل لحوالي 3 أمتار تحت مستوى سطح البحر الحالي، وهى نتيجة تتفق جيدا مع الاستنتاج المذكور سابقاً عند ساندفورد وأركيل من أن السهل الفيضي في شمال مصر في العصور السبيلية المتأخرة يقع عند عمق كبير تحت مستواه الحالي، ويتفق أيضا مع ملاحظات كاتون - طومسون وجاردنر أن مستوى بحيرة الفيوم قبل العصور الحجرية الحديثة قد انخفض لحوالي خمسة أمتار تحت المستوى الحالي للبحر المتوسط.

في بواكير العصور الحجرية الحديثة يبدو السهل الفيضي عند بنى سويف وقد وصل لحوالي 20 متر فوق مستوى سطح البحر الحالي، وذلك بناء على ملاحظات كاتون - طومسون وجاردنر عن ترسبات بحيرة الفيوم. ولأن طمي النيل وقتها كان بالفعل في مرحلة الترسب، فمن المحتمل أن ميل السهل الفيضي إلى الشمال من بنى سويف لم يكن مختلفا بدرجة كبيرة عما هو عليه الآن. مع ذلك، إن وضعنا في الاعتبار التناقص الكبير في درجة الانحدار (من 1 م لكل 7400 م إلى حوالي 1 م لكل 10.500 م) الذي يبدو أنه قد حدث في الجزء الطرفي من مجرى النهر، فيما بين العصور السبيلية المتأخرة وعصرنا الحديث، فقد نفترض أن ميل السهل الفيضي من بنى سويف إلى البحر قد أصبح أقل انحداراً في بداية العصور الحجرية الحديثة عما هو عليه الآن أو لنقل أنه حوالي 1م لكل 9500م.

ويعرض جدول (4) الأرقام التي توصلنا اليها في الصفحات السابقة، ويضم الجدول الارتفاعات المحتملة للسهل الفيضي عند بنى سويف، والمعدلات المحتملة للانحدار من بنى سويف إلى البحر عند العصور والمراحل المذكورة.

وبناء على النتائج السابقة وتقدير المناسيب المحتملة ومعدلات انحدار السهل الفيضي عند بنى سويف في العصور المختلفة، فإننا نستطيع استخدامها لتحديد

مستويات البحر النسبية المرجحة عند تلك العصور، بشرط أن نستطيع تقدير المسافات التي يستقر عندها الساحل في اتجاه الشمال من بنى سويف (أو من القاهرة) في تلك العصور. وبالطبع لا نستطيع أن نأمل في تقدير هذه المسافات بدرجة عالية الدقة، لكن لحسن الحظ أن ذلك ليس أمراً ضرورياً لتنفيذ غرضنا. إن درجات انحدار السهل الفيضي التي قدرناها معتدلة لدرجة أن الشكوك الكبيرة إلى حد ما في مواقع الساحل لا يمكن أن تسبب إلا شكوكاً ضئيلة فيما يتعلق بمستويات سطح البحر.

حتى أكثر درجات السهل الفيضي انحداراً وهي الخاصة بالعصور السبيلية المتأخرة كانت فقط حوالي 1م لكل 7400م، والتي تعنى أنه -بافتراض أن تقديرنا لارتفاع السهل الفيضي عند بنى سويف وميله نحو الشمال في ذلك العصر صحيحا - فإننا نحتاج فقط لمعرفة مسافة بُعد الساحل في تلك الفترة والتي ستكون داخل حدود 7 كم، وذلك لكى نستنتج منسوب سطح البحر بدقة متر واحد.

ومن الممكن لنا أن نقدر المسافات القديمة في الماضي من القاهرة إلى الساحل بنفس المستوى من الدقة، برسم تخطيطي يعتمد على اعتبار خطوط الكنتور الحالية للأراضي التي تشكل حد الدلتا، والموضحة بخطوط متصلة بفاصل رأسي مقداره 30 متر (شكل ؟). ولا تمثل خطوط الكنتور الحالية هذه بالطبع شكل اليابسة في الفترات الزمنية التي نحن بصدد تتبعها في العصور السابقة، ذلك أنه منذ تلك الفترات كانت التعرية تتواصل باستمرار في إزالة الصخور من مكاشف سطح الأرض المرتفعة، بينما من ناحية أخرى كانت الأراضي المنخفضة ترفع مستواها عن طريق تراكم الترسبات وتجمع الرواسب من أعلى لأسفل.

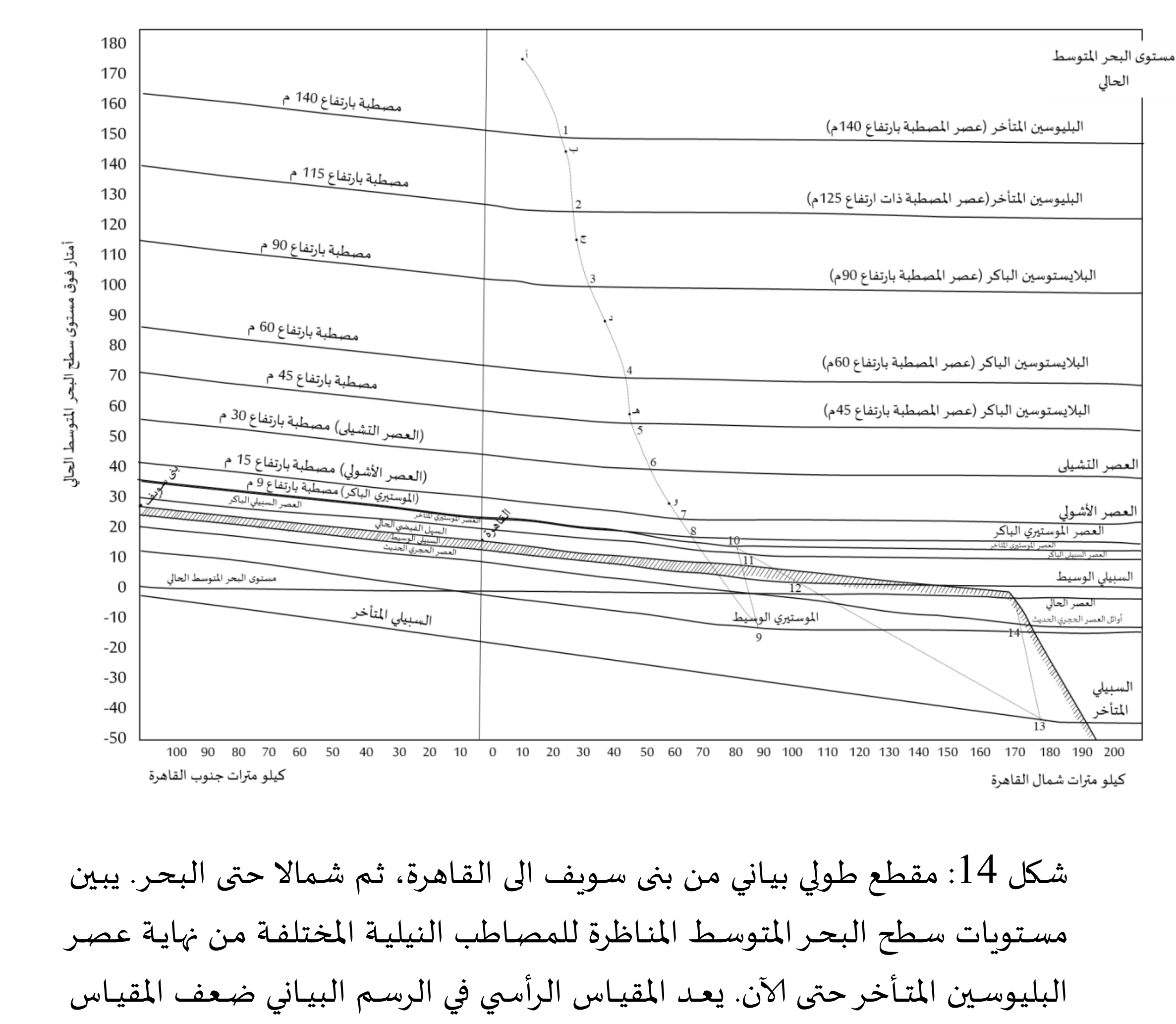
لكن ليس من الأرجح أن فعل النحت وحده قد ساهم بأكثر من بضعة كيلومترات في إزاحة كونتورات الأماكن العليا المتاخمة للدلتا منذ بداية عصر البليوسين المتأخر، وبالتالي إذا رسمنا على الخريطة في شكل 13 سلسلة من الخطوط المحدبة قليلاً نحو البحر وتعبر الدلتا بشكل متقدم للأمام أكثر بنحو 4 أو 5 كم من خطوط الكنتور الحالية في الأراضي المتاخمة للدلتا؛ فسيكون من المرجح بقوة أنه في الفترة التي كان فيها مستوى سطح البحر المتوسط يشبه أي كنتور أرضي، فإن خط الساحل يقع بالتالي على مقربة من الخط المماثل الذي نرسمه للبحر حاليًا. وسيلاحظ أن النقاط الست أ، ب، ج، د، هـ، و (حيث تمثل الخطوط المتقطعة مناسيب 180، 150، 120، 90، 60، و30م) تتقاطع مع الخط الأوسط المرسوم من القاهرة

لساحل البحر، وأن هذه النقاط الست تقع بالترتيب شمال القاهرة على مسافة 12، 25، 39، 47، و60 كم على التوالي. وطبقا لذلك، فهذه الأبعاد كانت الأبعاد التقديرية لساحل البحر عن القاهرة في تلك العصور، عندما بلغ البحر المتوسط ارتفاعات مماثلة لمستويات الكنتور المتعاقبة في عصرنا الحالي.

شكل 13: خريطة لدلتا النيل توضح خطوط الكنتور الحالية بفاصل رأسي مقداره 30 متر، والمواقع التقريبية المستنتجة لخط الساحل عند المستويات المماثلة للبحر المتوسط. تمثل خطوط الكنتور حاليا، والخطوط المتقطعة تمثل بشكل تقريبي الخطوط الساحلية للبحر المتوسط عند مناسيب مختلفة.

لو رسمنا الآن شكلًا لقطاع طولي للسهل الفيضي الحالي من بنى سويف إلى القاهرة، ثم من القاهرة شمالاً حتى البحر المتوسط، ووضعنا عليه علامات لمواقع النقاط الساحلية أ، ب، ج، د، هـ، وعند مناسيبها وبعدها عن القاهرة على الترتيب، ثم وصلنا النقاط في الخط المنقط في شكل (14) - فإن ذلك الخط المنحنى سيمثل موضع النقطة الساحلية للقطاع الذي انخفض عنده مستوى البحر المتوسط من 180م إلى 30م فوق مستواه الحالي. وإذا رسمنا أيضا على القطاع سلسلة من الخطوط تمثل ارتفاعات وانحدارات السهل الفيضي عند العصور الزمنية المختلفة الماضية؛ فإن مواقع النقاط 1، 2، 3، 4، (حيث تتقاطع هذه الخطوط المائلة مع الخط المنحنى) ستمدنا في الحال بمناسيب البحر المتوسط أثناء تلك العصور، وبالمسافات المماثلة بين الساحل والقاهرة.

ومع ذلك، فمن الواضح أنه قبل أن نستطيع الحصول على هذه التقاطعات في حالة العصور الأحدث؛ فعلينا أولا أن نَمُد منحنى النقطة الساحلية الخاصة بنا إلى ما دون النقطة السفلى "و". غير أننا لا نستطيع أن نفعل هذا بنفس الإجراء الذى استعملناه للتو للمستويات الأعلى، لأن الأرض عند المستويات دون خط كنتور 30 متر تعد إلى حد كبير حديثة التكوين، كما أنه لن يكون من الممكن لنا التبرير ببساطة أن نمد الخط بشكل مستقيم من "و" إلى النقطة الساحلية الحالية التي تحمل رقم 15 في هذا الشكل البياني، لأنه - نتيجة للتغيرات في منسوب وانحدار النهر في العصر الموستيري والعصور التالية له - لا يمكن افتراض أن الخط الساحلي للدلتا قد تقدم بشكل مطّرد إلى الشمال، لكن قد نحصل بدرجة مقبولة على احتمالات قريبة لمواقع بعض النقاط الإضافية على امتداد المنحنى بالأسلوب التالي:



شكل 14: مقطع طولي بياني من بنى سويف الى القاهرة، ثم شمالا حتى البحر. يبين مستويات سطح البحر المتوسط المناظرة للمصاطب النيلية المختلفة من نهاية عصر البليوسين المتأخر حتى الآن. يعد المقياس الرأسي في الرسم البياني ضعف المقياس الأفقي بـ 1000 متر.

نبدأ بأن نرسم على الشكل السابق قطاعا عرضيا للجزء المغمور من الدلتا من النقطة الساحلية الحالية التي تحمل رقم 15 في اتجاه الشمال، وفقا لبيانات سبْر الأعماق التي قدمتها البحرية البريطانية. وتبين هذه المسابير أنه يمكن الوصول لأعماق قدرها 30 و60 متر تبعد عن الساحل حوالي 16 كم و 32 كم على الترتيب، وعندما يتم تحديد موقع قطاع سطح الجزء المغمور من الدلتا عن طريق هذه البيانات، فسيُرى في الحال كيف يتخطى انحداره الجزء الأرضي من الدلتا بدرجة هائلة.

والآن دعونا نرى الجزء الطرفي من انحدار السهل الفيضي في أواخر العصور السبيلية، والذي يوضحه أكثر الخطوط سفلية في المقطع الطولي. فمن المؤكد أنه ما دام الجزء المغمور من الدلتا كان يزداد حجمه نتيجة الترسبات منذ العصور السبيلية المتأخرة؛ فإن النقطة الساحلية في العصر السبيلي المتأخر لابد أنها كانت تقع (على الخط) على نحو ما جنوب النقطة التي تمثل الخط انحدار السهل الفيضي لذلك العصر بما يتقاطع مع قاع البحر حاليا، أو لنقل عند إحدى النقاط المرموز لها برقم 13 في الشكل البياني الذي نتحدث عنه.

وفيما يتعلق بالمسافة التي يجب أن توضع عندها النقطة 13 جنوب الخط الممثل قاعَ البحر الحالي، فقد نحددها بطريقة دقيقة وصائبة بالتفكير في أنه نتيجة لأثر التوزيع الناتج عن الأمواج والتيارات، كان السُّمك الذي يضاف إلى الجزء البحري من الدلتا منذ العصور السبيلية المتأخرة على الأرجح أقل بكثير من ذلك القدر المضاف إلى الجزء اليابس من الدلتا في نفس العصر. وبالتالي، لا بد أن تكون المسافة الرأسية المتجهة للأعلى من النقطة 13 إلى قاع البحر أقصر بكثير من المسافة الرأسية بين النقطة 13 ونقطة الساحل الحالية 15. في المقطع الذي يضمه (شكل14) افترضنا أن معدل النمو الرأسي للجزء المغمور من الدلتا تحت سطح البحر أسرع بمقدار يساوي نصف سرعة معدل النمو الرأسي للجزء اليابس، لكن سيتضح من فحص الشكل أنه بافتراض أن معدل النمو الرأسي للجزء المغمور كبير بمقدار الثلثين، أو صغير بقدر ثلث واحد من ذلك الجزء اليابس؛ فإن موضع النقطة 13 سيكون قد تغير قليلاً. لذلك يمكننا تقبل النقطة 13 - المميزة على المقطع - كممثلة للنقطة الساحلية في العصور السبيلية المتأخرة بكل الدقة اللازمة لدراستنا، وحيث أنه ليس لدينا سبب للاعتقاد أن أي تذبذبات كبيرة في المستوى النسبي لسطح البحر قد وقعت بعد ذلك التذبذب الذى حدث في العصور السبيلية المتأخرة؛ فقد نأخذ الخط المستقيم بين

النقطتين 13 و 15 كعلامة مميزة شديدة القرب لموقع النقطة الساحلية بين العصور السبيلية المتأخرة وعصرنا الحالي. ثم يتبقى لنا أن نتعقب الموقع من "و" إلى النقطة 13، والذي سنجريه بالطريقة التالية.

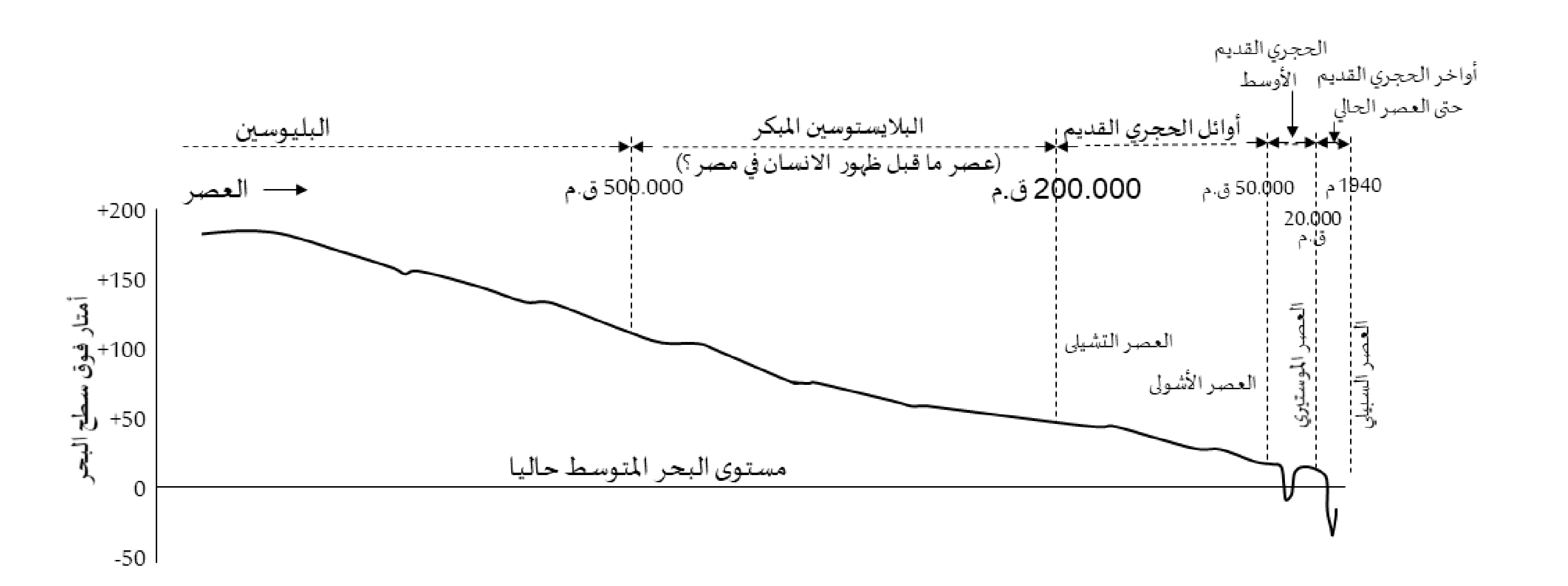
حيث إن مستوى سطح البحر يبدو أنه قد استمر في الهبوط حتى العصور الموستيرية الوسيطة، فقد يمكننا -على نحو صائب -أن نمد الموقع نزولاً كمنحنى غير متعرج حتى نصل للنقطة 9. هذه النقطة قد وُضعت كنقطة تقاطع للإطالة غير المتعرجة للمنحنى مع ميل السهل الفيضي في العصر الموستيري الوسيط. ومع ذلك، كان مستوى سطح البحر يرتفع فيما بين العصر الموستيري الوسيط والعصر الموستيري المتأخر، وبالتالي كان خط الساحل يتراجع في اتجاه الجنوب، بالرغم من أن النهر كان يجلب الطمي بشكل ثابت فإن تراجع الساحل كان بلا شك أقل سرعة من التقدم السابق ذكره.

ويمكننا بدرجة من الثقة افتراض أن زاوية انحدار الجزء النامي من الدلتا الذي أصبح مغمورا تحت الماء بين العصرين الموستيري الوسيط والمتأخر كانت تتساوى مع زاوية انحدار الجزء النامي من الدلتا الذي أصبح مغمورا بين العصور السبيلية المتأخرة وزمننا الحالي. وبعبارة أخرى.. يمكننا أن نمد المنحنى الذي رسمناه من النقطة 9 الى النقطة 10 عن طريق رسمه متوازيا مع الخط الواصل بين النقطتين 13 و15؛ وعندئذ يمكننا تكملة المنحنى بالربط بين النقطتين 10 و13.

وبذلك، فإن الموقع التقريبي التام للنقطة الساحلية على مقطعنا من عصور البليوسين المتأخرة حتى عصرنا الحالي سيجرى من النقطة أ عبر ب، ج، د، هـ حتى و، ومنها إلى النقطة 9، فالنقطة 10، والنقطة 13، وأخيراً إلى النقطة الساحلية الحالية 15، والنقاط المرقمة بـ 1 الى 14 التي تمثل نقط تقاطع الانحدارات المتتالية للسهل الفيضي مع هذا الموقع (والتي لا تقع كلها في ترتيب متعاقب في اتجاه الاسفل) ستمدنا بالمستويات التقريبية للبحر المتوسط عند الفترات الزمنية المختلفة من عصر البليوسين المتأخر إلى بدايات العصر الحجري الحديث، وكذلك بالمسافات التقريبية لخط الساحل من القاهرة في تلك الفترات. هذه المستويات والأبعاد حسبما قيست من القطاع في (شكل14) ملخصة في جدول (5)

من ذلك يتضح أنه مع بداية البلايستوسين تعرض البحر المتوسط - الذى كان قد وصل إلى مستوى 180 م فوق ارتفاعه الحالي في عصر البليوسين الوسيط – لانخفاض مستواه إلى حوالي 103 متر، ومن ثم كان خط الساحل وقتها يقع شمال القاهرة بنحو 33 كم. وخلال عصر البلايستوسين استمر البحر في الانخفاض، أو استمرت اليابسة في الارتفاع، حتى حلول العصر الموستيري الوسيط عندما انخفض البحر الى حوالي 12 متر تحت مستواه الحالي وتقدَّم خط الساحل شمالا لحوالي 9 كم فيما وراء نطاق القاهرة.

ثم انعكست الحركة، وارتفع البحر، أو انخفضت اليابسة، حتى استقر البحر في العصر الموستيري الوسيط عند حوالي 16 متر فوق مستواه الحالي، وتراجع خط الساحل ليبعد حوالي 82 كم من القاهرة. وعند نهاية العصر الموستيري كانت هناك مرة أخرى حركة عكسية لاتجاه الحركة النسبية لليابسة والبحر؛ فانخفض البحر أو ارتفعت اليابسة، ومن ثم انخفض البحر المتوسط في العصور السبيلية المتأخرة لحوالي 43 متر تحت مستواه الحالي وتقدم خط الساحل لحوالي 181 كم شمال القاهرة أو حوالي 11 كم جنوب موضعه الحالي.



شكل 15: رسم بياني يوضح التغيرات في مستوى شرق البحر المتوسط قياسا باليابسة في مصر، منذ نهاية عصر البليوسين حتى

وبنهاية العصر السبيلي حدثت أيضا حركة عكسية أخرى؛ فبدأ البحر في الارتفاع من جديد أو بدأت اليابسة في الانخفاض، وتراجع خط الساحل في اتجاه الجنوب، واستمرت هذه الحركة الأخيرة -برغم احتمال حدوث تغير هائل في معدلها - عبر العصر الانتقالي والعصر الحجري الحديث وصولاً للعصور التاريخية.

في شكل(15)، أجريت محاولة لعرض تعاقب أزمنة التغيرات التي تدل الارقام السابقة أنها حدثت في مستوى الجزء الشرقي من البحر المتوسط قياساً باليابسة في مصر منذ نهاية عصور البليوسين حتى زمننا الحالي، وذلك بافتراض أن المدد الزمنية للعصور المختلفة كانت مطابقة للأرقام التقريبية التي أشرنا إليها قبل قليل. في الشكل الحالي نجد أن الأماكن المسطحة على الخط المنحنى تماثل المراحل التي تكونت فيها المصاطب النيلية المتعاقبة، والتي من المحتمل أن سطح البحر فيها كان مستقراً تقريبا لفترة زمنية، بينما الأجزاء المائلة تماثل المراحل الزمنية الفاصلة بين العصور عندما كان النيل يحتّ قاعه أو يراكم عليه الترسبات أو عندما كان مستوى البحر ينخفض أو يرتفع.

هناك ميزة مذهلة لهذا الرسم البياني ناشئة عن تذبذبين مميزيْن جدا في المستوى النسبي لسطح البحر، واللذين حدثا في العصر الموستيري الوسيط والعصر السبيلي الوسيط على الترتيب، عندما كان معدلا الحركة النازلة والصاعدة أكثر سرعة من معدلهما في العصور المبكرة. لكن من اللافت أن هذه السرعة كانت نسبية فقط، وأن في الحقيقة لا بد أن الحركات في كل العصور – بافتراض استمراريتها -كانت بالغة البطء. فعلى سبيل المثال يبدو أن انخفاض مستوى سطح البحر لحوالي 160 مترًا بين عصر البليوسين والعصر الموستيري الباكر استمر لفترة تقارب سبعمائة ألف سنة، وبالتالي فقد حدث بمعدل بلغ 2.5 سم لكل قرن تقريباً، في حين أن التذبذبات الأكثر سرعة التي حدثت في العصر الموستيري الوسيط والعصر السبيلي المتأخر من المحتمل أنها استمرت عدة آلاف من السنين، فهي بذلك تتضمن معدلات انخفاض وارتفاع لمتر أو مترين كل قرن.

أسباب التغيرات في المستويات النسبية للبحر المتوسط واليابسة

هناك صعوبة في معرفة ما إذا كانت التغيرات التي حدثت في المستويات النسبية للبحر المتوسط واليابسة في مصر، بين عصر البليوسين المتأخر والعصر الحالي جاءت في مجملها نتيجة للتغيرات في مستوى البحر المتوسط نفسه؛ وأول هذه الصعوبات هو التأكد من أن الجزء الشرقي من البحر المتوسط قد ظل على اتصال ثابت بالمحيط على امتداد ذلك العصر أم لا.

في اعتقادي أنه من غير المرجح أن التغيرات قد تحدث لأي مدى بعيد نتيجة للتغيرات في مستوى المحيط، حتى في عصر البلايستوسين، لأنه على الرغم من أن الماء الذى تراكم في صورة جليد على امتداد المناطق القطبية خلال العصور الجليدية لابد أنه قد أُشتُق من المحيط في أماكن أخرى من كوكب الأرض في تلك العصور؛ إلا أنه من غير الراجح أن هذه التنقلات من المادة المائية من منطقة لأخرى قد نتج عنها حدوث أية تغيرات هائلة سواء في الشكل العام للأرض أو مستوى المحيط العام، وذلك بسبب الدوران اليومي للأرض ولأن قشرتها تميل باستمرار إلى تكييف نفسها بدرجة متوازية مع التغيرات في توزيع الحمل عليها.

وبتبني هذا الرأي، فلا بد أن نستنتج أنه ما دام الجزء الشرقي من البحر المتوسط كان متصلا اتصالا حراً مع المحيط، سواء عن طريق مضيق جبل طارق أو عن طريق خليج السويس ومضيق باب المندب، أو بكلا الطريقين، فإن مستواه الفعلي لا يمكن أن يكون قد خضع لأي قدر كبير من التغير، وبالتالي فلا بد أن أي تغيرات هائلة في مستوى سطح البحر النسبي قد نتجت عن ارتفاع وهبوط اليابسة. لكن لو أنه خلال إحدى فترات العصر الذي نحن بصدده (عصر البليوسين المتأخر إلى العصر الحالي) كان الجزء الشرقي من البحر المتوسط قد انعزل تماما لمدة ما عن المحيط بحيث يكون بحراً داخليا مطوّقا، فربما قد خضع مستواه الفعلي خلال تلك الفترة لتغيرات هائلة نتيجة للتغيرات المناخية المؤثرة على التوازن بين التدفق الداخل إليه من الأمطار والأنهار من ناحية، ومن تبخر الماء منه من ناحية أخرى. وفي تلك الحالة بالطبع ستكون التغيرات في المستوى النسبي ناتجة إلى حد ما عن التغيرات في مستوى البحر المتوسط الشرقي نفسه.

إن مسألة التحقق من المدى الذي يمكن أن نعزو إليه التغيرات في المستوى النسبي لسطح البحر التي نحن بصددها بإرجاعها إلى ارتفاع أو هبوط اليابسة من ناحية، وإلى التغيرات في مستوى سطح البحر المتوسط نفسه من ناحية أخرى، تعد بذلك إلى حد كبير هي مسألة التحقق من تحديد المدد الزمنية - إن جاز القول - للعصر الذي انقضى بين بداية عصر البليوسين المتأخر والعصر الحالي، و التي انفصل فيها شرق البحر المتوسط عن المحيط، وإننا نستطيع بأفضل ما في وسعنا أن نحاول إيجاد حل لهذه المسألة الأخيرة عن طريق دراسة موجزة للتاريخ المحتمل للبحر المتوسط والبحر الأحمر منذ عصر البليوسين الحديث وما بعده، حسبما استدللنا على ذلك التاريخ من الملاحظات الجيولوجية، بالإضافة إلى دراسة خطوط تساوي المناسيب الأرضية الحالية لخليج السويس وخطوط تساوي مناسيب قاع البحر الحالية وذلك في كل من:

1)- المناطق المجاورة لمضيق جبل طارق ومضيق باب المندب على الترتيب.

2)- في النطاق بين تونس وايطاليا.

ومع ذلك، لتوضيح وتيسير فهم التاريخ الجيولوجي فقد يكون من المستحسن ألا نتعقبه من عصر البليوسين المتأخر فقط، بل منذ نهاية عصر الميوسين الذي تلا عصر البليوسين مباشرة.

إن أبحاث علماء الجيولوجيا القارية قد أمدتنا بأسباب قوية للاعتقاد أنه عند نهاية عصر الميوسين، نتيجةً لأن حركات الأرض المكونة للجبال قد أغلقت القناتين القديمتين الواصلتين بين البحر المتوسط والمحيط الأطلنطي (الأولى عبر جنوب إسبانيا متتبعة مسار نهر جوادالكيفير، والأخرى عبر الركن المغربي عن طريق فاس) فقد انعزل البحر المتوسط تماما عن المحيط وخضع لانكماش في سعته، حيث تحول الى بحيرتين داخليتين ملحيتين منفصلتين، أو أكثر، عند مستويات أدنى بكثير من مستوى البحر المتوسط حاليا.

لكن بحلول عصر البليوسين الوسيط، أدى المزيد من الحركات الأرضية المكونة للجبال في الطرف الغربي لمنطقة البحر المتوسط إلى فتح مضيق جبل طارق، سامحاً بذلك للمياه من المحيط الأطلنطي بالدخول مرة أخرى إلى منخفض البحر المتوسط، والتي فاضت إلى المساحات التي شغلتها البحيرات الداخلية وغمرت حدود الأراضي

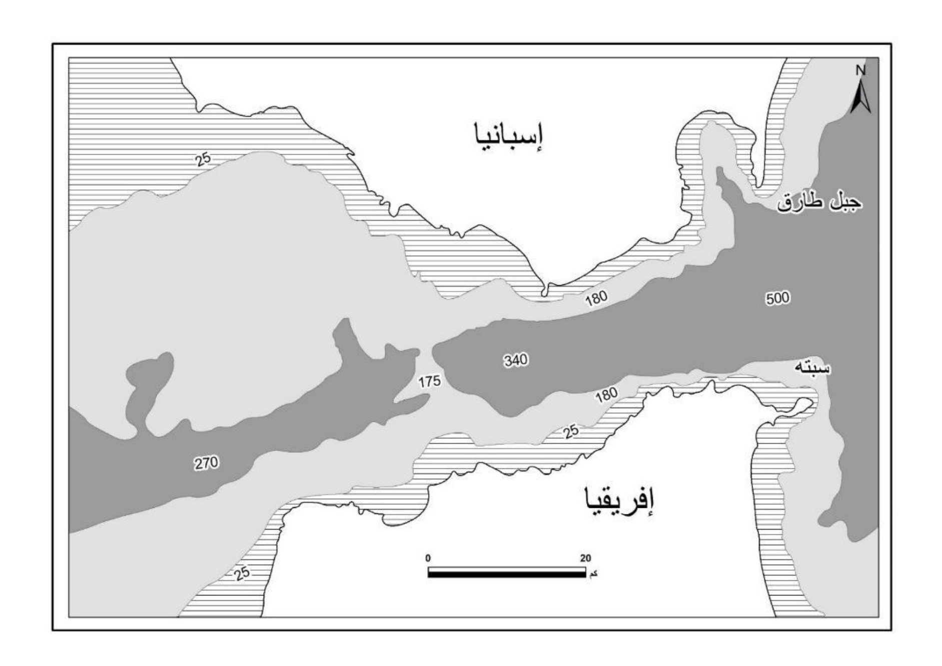
الفاصلة بينهما تحت بحرٍ امتد في اتجاه الشرق من المحيط الأطلنطي حتى فلسطين، واصلا لارتفاع أعلى بكثير– مقارنة باليابسة -من ارتفاع البحر المتوسط حالياً.[4]

من الملاحظات الجيولوجية في مصر، نعرف أن هذا البحر من عصر البليوسين الوسيط قد وصل لارتفاع - مقارنة بالأرض المصرية – قدره حوالي 180 م أو اكثر فوق مستوى سطح البحر الحالي، وأنه لم يدخل فقط إلى وادى النيل محوّلاً جانبا طويلا من جانبيْ ذلك الوادي إلى خليج بحرى فحسب، بل اكتسح أيضا برزخ السويس واتصل بالبحر الأحمر، ذلك البحر الذى كان بحلول تلك الفترة قد اتصل بالفعل بالمحيط الهندي عبر مضيق باب المندب.

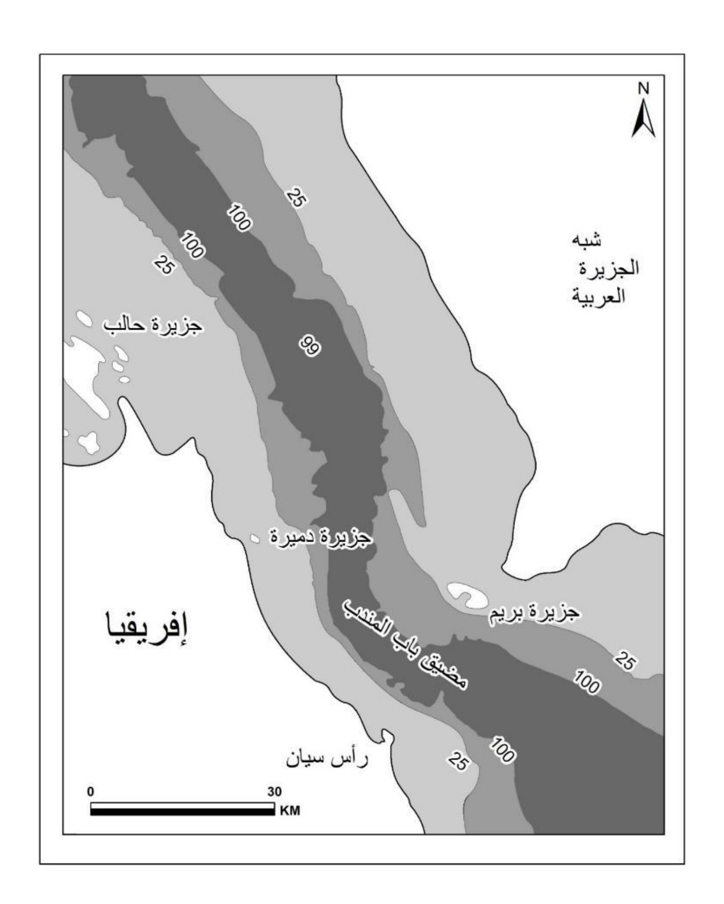
وبذلك أصبح هناك اتصال بحري كامل من المحيط الأطلنطي إلى المحيط الهندي عن طريق البحرين المتوسط والأحمر، ولا بد أن كلا البحرين في عصر البليوسين الوسيط قد استقرا عند نفس المستوى مثل المحيط. في ذلك العصر، كانت أعماق الماء (انظر الشكلين (16) و(17) في مضيقي جبل طارق وباب المندب كبيرة لدرجة أن سطح البحر حاليا يجب أن ينخفض لحوالي 320م لكي يعيد الاتصال الأرضي بين المغرب واسبانيا، ولحوالي180م لكي يعيد الاتصال الأرضي بين إفريقيا وشبه الجزيرة العربية.

ونظراً لأنه من الواضح عدم وجود دليل جيولوجي معروف يثبت الاعتقاد أن كلا هذين المضيقين قد عمَّقهما النحت تحت البحري، أو الإرساب الموضعي لقاع البحر، منذ العصور اللتين تكونتا فيها للمرة الأولى، بينما من الناحية الأخرى كان العمق الأقصى – وفق دراسة المصاطب النيلية التي تذهب بنا للاعتقاد أن مستوى الجزء الشرقي من البحر المتوسط انخفض بين عصر البليوسين الوسيط وعصرنا الحالي-هو حوالي 43 م فقط تحت مستوى سطح البحر الحالي؛ فقد نستنتج أن كلا المضيقين قد ظلا مفتوحين باستمرار منذ عصر البليوسين الوسيط.

ويلي ذلك أن البحر الأحمر وعلى الأقل الجزء الغربي من البحر المتوسط، من عصر البليوسين الوسيط حتى عصرنا الحالي، قد ظلا دائما عند نفس المستوى المماثل لمستوى المحيط.



شكل16: خريطة لمضيق جبل طارق تبيّن شكل قاع البحر. اللون الخفيف يشير الى البحر عند عمق 25 قامة. واللون المتوسط يشير لعمق 25 – 180 قامة. بينما اللون الداكن يشير إلى ما يزيد عن عمق 180 قامة. والأرقام تشير إلى الأعماق بالقامة



شكل17: خريطة لمضيق باب المندب.

مع ذلك، فإننا لسنا مهتمين بقدر كبير في دراستنا الحالية بالجزء الغربي من البحر المتوسط، بمثل اهتمامنا بالجزء الشرقي منه. وتعد مسألة الاختلافات في العصور الماضية في منسوب الجزء الشرقي أقل بساطة. علينا أن نضع في اعتبارنا تأثيرات الطبقات الجافة -حيث إن المستوى النسبي لسطح البحر قد استقر بعد عصر البليوسين الوسيط -ليس على مستوى البحر في برزخ السويس فقط، بل على قطاع من اليابسة يمتد من تونس إلى ايطاليا عبر صقلية أيضاً. وهما أمران ربما كان لهما معا تأثير بتحويل شرق البحر المتوسط لفترة زمنية إلى بحيرة داخلية مرة أخرى.

وما دام برزخ السويس قد ظل مغموراً تحت البحر؛ فإن وجود أو عدم وجود اتصال أرضي في عصر البلايستوسين بين تونس وإيطاليا لم يسبب اختلافا بالطبع في مستوى البحر المتوسط الشرقي، حيث أن الأخير قد ظل متصلا بالمحيط الهندي عن طريق مضيق باب المندب، على الرغم من انقطاعه عن الاتصال المباشر بالمحيط

الأطلنطي. لكن إذا كان الاتصال الأرضي بين تونس وايطاليا قد وقع لمدة زمنية بعد أن جف برزخ السويس في نهاية المطاف، لكان البحر المتوسط الشرقي في ذلك الوقت قد أصبح بحيرة مطوّقة، ربما خضع مستواها لتغيرات مستقلة بسبب الاختلافات في حالة التوازن بين معدل التبخر منها وبين التدفق المائي الواصل إليها من الأنهار، وذلك من الأرجح أن يحصل -على سبيل المثال -بسبب الاختلافات في ارتفاع خط الثلوج في أوروبا خلال تعاقب العصر الجليدي وعصر ما بين الجليدي.

وعلى ذلك، فإن السؤال المهم في دراستنا الحالية عما إذا كان قد حدث اتصال أرضى بين تونس وايطاليا عقب عصر البليوسين الوسيط، ليس بمثل أهمية التساؤل عن زمن هذا الاتصال، فهل حدث في الفترة التي أصبح فيها برزخ السويس أرضاً جافة بالفعل.

وللأسف، لم يدرس الجيولوجيون برزخ السويس حتى الآن دراسة مستفيضة، ونادراً ما درسه الأثريون، فبالتالي نستطيع فقط في الوقت الحالي التخمين بخصوص الفترة الزمنية الدقيقة التي حدث فيها ظهوره النهائي. وكما ذكرنا من قبل، فإن أعلى أرض كان يجب أن تُشق خلال إنشاء قناة السويس كانت الربوة الكبرى عند الجسر، التي تقع شمال الإسماعيلية بقليل، وهذه الربوة كان ارتفاعها حوالي 16 متر فوق السطح الحالي للبحر. ولكونها تتكون في معظمها من صلصال جبسي ناعم، فبلا شك أن الأرض قد تعرضت في ذلك الموقع لانخفاض هائل عن طريق التعرية منذ أن كان البرزخ جافاً للمرة الأخيرة.

لا نملك حاليا أية وسيلة لتحديد المقدار الصحيح من هذا الانخفاض الناتج عن النحت، لكن لو افترضنا أنه كان بلغ حوالي 30 م، فذلك سيعنى أن البرزخ قد ظهر في فترة كان البحر قد استقر فيها عند منسوب أعلى من اليابسة بحوالي 46 متر، بالمقارنة بارتفاعه الحالي. وذلك يعنى أن الظهور الأخير والنهائي للبرزخ قد حدث قبيل الوقت الذي ظهر فيه إنسان العصر الشيلية لأول مرة يستوطن فيها وادى النيل، وبالتالى فإنه بدءاً من منتصف عصر البليوسين فصاعدا حتى بداية العصر الشيلي على أدنى تقدير، كان السبب في انخفاض المستوى النسبي لسطح البحر حول مصبات النيل هو الرفع القاري البطيء لليابسة فضلاً عن انخفاض في المستوى الفعلي لشرق البحر المتوسط.

فيما يتعلق بالوجود السالف لاتصال أرضي بين تونس وإيطاليا، فمن المؤكد أنه لم يكن ثمة حاجز أرضى مستمر يمتد من تونس إلى إيطاليا في عصر البليوسين الوسيط أو المتأخر. لكن هناك قدراً من الأدلة الحفرية تميل إلى الإشارة أن هذا الاتصال الأرضي كان موجوداً لفترة من الزمن فيما بعد. على الرغم من أنه غير معروف أن الفيل الأفريقي *Elephas africanus* قد استوطن أرض أوروبا على الاطلاق؛ فإن بقاياه الحفرية قد وُجدت في صقلية بالإضافة إلى تلك البقايا للفيل العتيق *E. antiquas* ذي الأنياب المستقيمة، وذلك يؤدي إلى الاستنتاج أنه خلال إحدى فترات عصر البلايستوسين كانت صقلية متصلة اتصالا أرضياً بأفريقيا وأوروبا. وعلاوة على ذلك، فقد وجدت في صقلية وكذلك في مالطا بقايا حفرية للفيل القزم *E.melitensis* الذي من المفترض أنه قد تطور عن الفيل العتيق خلال الفترة التي كانت فيها تلك الجزيرتين متصلتين اتصالا أرضياً ببعضهما البعض، ولكن البحر فصلهما من ناحية أوروبا ومن ناحية أفريقيا، وكذلك عُثر على بقايا حفرية لفيل قزم آخر تتميز به مالطا بالقرب من روما، وذلك يعني أن مالطا ربما كانت قد اتصلت بإيطاليا في فترتين زمنيتين مختلفتين.

وبقبول التصويب المحتمل للاستنتاجات المذكورة بالأعلى – وأعتقد أن ذلك واجب علينا – فإننا سنتوجه في الخطوة التالية إلى البحث عن تحديد الفترة الزمنية التي تأسس فيها الاتصال الأرضي بين تونس وأوروبا في عصر البلايستوسين، وتحديد مددتها والأسباب المحتملة التي أدت إلى إنشاء هذا الاتصال ثم إلى فصله لاحقاً.

وحين نراجع شكل(15) يتبين سير التغيرات في المستوى النسبي للبحر المتوسط الشرقي منذ بداية عصر البليوسين المتأخر حتى يومنا هذا – حسبما استنتجنا من دراستنا للمصاطب النيلية – فإن المرء يميل إلى النظرة الخاصة بأن نشأة الاتصال الأرضي بين تونس وإيطاليا قد حدثت في فترتين زمنيتين مختلفتين منذ نهاية عصر البليوسين: الفترة الأولى كانت عند نهاية العصر الموستيري الباكر التابع لأواسط العصر الحجري القديم، والفترة الثانية عند الفترة السبيلية الوسطى من أواخر العصر الحجري القديم، حيث يمكن تصور أن التقلبات السريعة بعض الشيء آنئذٍ في مستوى سطح البحر النسبي في العصر الموستيري الوسيط والعصر السبيلي المتأخر واكبت على الترتيب فترة تجلد ڤورم والعصر اللاحق (القصير) لتكون الجليد على جبال الألب في أوروبا (العصر الجليدي الألبي القصير).

وعندما ندرس مدى توافق هذه النظرة مع الأدلة الحفرية المذكورة سابقاً، سنجد اتفاقاً مُرضياً في الرأي، وعلى الرغم من أنه لكي نفسر التضاريس الحالية لقاع البحر في منطقة صقلية، فعلينا الافتراض أن قدراً معيناً من الإرساب المحلي قد حدث في تلك المنطقة منذ العصر السبيلي المتأخر – لنقل أنه حدث في العشرة آلاف أو العشرين ألف عام الماضية –وهو افتراض يبدو بأية حال غير ممكن تبريره عندما نضع في الاعتبار أن المنطقة الصقلية كانت من المناطق التي اشتد فيها النشاط البركاني والزلزالي في العصور التاريخية.

إذا فحصنا الخريطة التي تبين التضاريس الحالية لقاع البحر بين تونس وإيطاليا (شكل 18)، فسنجد أن مستوى البحر المتوسط الحالي يجب أن ينخفض لحوالي 293 متر للكشف عن ممر أرضي من تونس إلى صقلية، ولحوالي 135 متر للكشف عن ممر أرضي بين صقلية ومالطة، ولحوالي 99 متر، للكشف عن وجود أرض جافة عبر مضيق مسينا تربط صقلية بأرض إيطاليا، ونظرا لأنه حتى في العصر السبيلي المتأخر بدا أن البحر المتوسط الشرقي قد هبط لحوالي 43 متر تحت مستواه الحالي قياساً باليابسة، فلابد أن الترسبات المتراكمة لحوالي 250 م على الأقل بين تونس وصقلية، ولحوالي 92 م بين صقلية ومالطا، ولحوالي 56 متر في مضيق مسينا – قد حدثت بالإضافة إلى أي إرساب قاري عام لليابسة الذي حدث منذ العصر الحجري القديم المتأخر.



شكل18: خريطة تبين التضاريس الحالية لسطح البحر بين تونس وإيطاليا. يشير اللون الفاتح إلى البحر تحت عمق 25 قامة. واللون الوسط: 25 إلى 180 قامة. واللون الغامق يشير إلى ما يزيد عن 180 قامة. والأرقام تبين الأعماق بالقامة

وبالطبع، لم تحدث كل هذه الترسبات في وقت واحد، ولا بسرعة عالية، بل ربما في بعض الحالات قد تبادلت بعض حركات الرفع مع حركات الإرساب، على الرغم من أن الإرساب لا بد أنه كان غزيراً حتى ينتج عنه مثل هذه النتائج النهائية.

وبتبني الافتراض المذكور بالأعلى الخاص بالحركات الأرضية في منطقة صقلية منذ العصر الحجري القديم المتأخر، يمكننا تقديم تصور تقريبي عن تسلسل الأحداث في البحر المتوسط الشرقي وحوله بدءاً من عصر البليوسين المتأخر حتى عصرنا الحالي كما يلي:

منذ نهاية عصر البليوسين المتأخر حتى بداية عصر حضارة الموستيري الوسيط في وادي النيل، كان هناك ارتفاع تدريجي قاري لليابسة، مسبباً انخفاض مستوى سطح البحر النسبي من حوالي +129 متر لحوالي +18 متر. وخضع برزخ السويس لظهوره النهائي خلال مراحل هذا الانخفاض، تقريبا عندما كان مستوى سطح البحر النسبي حوالي 46 متر، والذي كان قُبيل الفترة المعروف أن إنسان العصر الشيلي قد استوطن خلالها وادي النيل.

وبعد أن انخفض مستوى البحر النسبي لحوالي 18 متر (أي عند بداية عصر حضارة الموستيري الوسيط في وادي النيل)، فإن الأراضي الواقعة بين تونس وصقلية، وبين صقلية ومالطا، وبين صقلية وإيطاليا، قد أصبحت مكشوفة، مكونةً اتصالاً أرضياً مستمراً بين أفريقيا وأوروبا، ونظراً لأن الاتصال بين شرق البحر المتوسط والمحيط الأطلنطي قد انقطع بذلك، فقد تحول إلى بحيرة ملحية كبيرة، انخفض مستواها حينها بشكل سريع نسبياً نتيجة أن فقد الماء منها بالتبخر قد فاق تدفق الماء إليها من الأنهار (ربما كنتيجة لانخفاض معدل تجلد ڤورم في أوروبا)، مسبباً ارتفاع مستوى البحيرة الأرضية بشكل سريع نسبياً، وعند بداية العصر السبيلي المتأخر وصل مستوى البحيرة لما يزيد عن 16 متر، وغمرت مرة أخرى الاتصال الأرضي السابق ذكره بين تونس وصقلية وبين صقلية وإيطاليا (التي تعرضت سطوحها بلا شك في غضون ذلك لقدر كبير من الانخفاض بسبب النحت) ولكنها لم تغمر المنطقة الأرضية بين مالطا وصقلية، واللتين ظلتا متحدتين كجزيرة واحدة.

وعند بداية عصر حضارة الموستيري المتأخر في وادي النيل، حدث رفع قاري بطيء لليابسة مرة أخرى، لدرجة أنه على الرغم من أن شرق البحر المتوسط كان وقتها على اتصال حر بالمحيط عبر مضيق جبل طارق، فقد خضع مستواه النسبي لهبوط تدريجي، وانخفض في بداية العصر السبيلي المتأخر لحوالي +3 متر، وبذلك فقد أظهر مرة أخرى الوصلة الأرضية بين أفريقيا وإيطاليا عن طريق صقلية، وأعاد تحويل البحر المتوسط الشرقي إلى بحيرة ملحة، وبدأ مستواها في ذلك الوقت في الهبوط من جديد بشكل سريع نتيجة لأن التبخر كان يفوق تدفق المياه إليها (ربما نتيجة للعصر الجليدي القصير في أوروبا)، منحدرة في النهاية إلى حوالي 43 متر. ثم – نتيجة بعض التغيرات في الظروف المناخية (ربما بعد انتهاء العصر الجليدي القصير في أوروبا) – بدأ معدل تدفق الماء إلى البحيرة يفوق معدل التبخر، فبدأ مستوى البحيرة الملحية في الارتفاع، وفي النهاية أخذت مياهها تغمر مرة أخرى الوصلة الأرضية بين تونس وإيطاليا، واتصل شرق البحر المتوسط مرة أخرى بغربيّه وبالمحيط الأطلنطي عن طريق مضيق جبل طارق، ونتج عنه في الوقت نفسه أن أصبحتا صقلية ومالطة جزيرتين منفصلتين.

وقد حدث ذلك تقريبا عند بداية الفترة الانتقالية بين العصر الحجري القديم المتأخر والعصر الحجري الحديث، ومنذ تلك الفترة كان هناك إرساب قاري بطيء لليابسة في المنطقة المصرية، وأيضا بعض الترسبات في المنطقة الصقلية، فنتج عن

ذلك وصول شرق البحر المتوسط إلى مستواه الحالي قياسا باليابسة المصرية، وانخفض قاع البحر إلى أعماقه الموجود عليها حالياً في الممرات الفاصلة بين صقلية وتونس وإيطاليا ومالطا على الترتيب.

من المحتمل أن العصر الذي عاش فيه الفيل الأفريقي والفيل العتيق في صقلية كان معاصراً بالتالي لعصر حضارة الموستيري الباكر في وادي النيل، عندما كان هناك اتصال أرضي بين صقلية وبين كل من أفريقيا وإيطاليا، من الممكن أن هذا العصر قد تزامن في بعض فتراته مع فترة ڤورم في العصر الجليدي الألبي، ويبدو أن تطور الأفيال القزمة في صقلية ومالطا قد حدث في فترة زمنية فاصلة قدرها تقريباً عشرة آلاف عام قد انقضت بين عصر الحضارة الموستيرية الباكر في وادي النيل وبين بداية الفترة الانتقالية من العصر الحجري القديم الأخير إلى العصر الحجري الحديث، عندما شكلت مالطا وصقلية معا جزيرة واحدة، وكانت هجرة الفيل القزم من مالطا إلى إيطاليا معاصرة تقريباً لحضارة العصر السبيلي المتأخر في وادي النيل. وعندما كانت مالطة متصلة اتصالا أرضيا مع إيطاليا وكذلك مع أفريقيا عبر صقلية، من المحتمل أن هذه الفترة كانت متزامنة مع فترة زمنية متأخرة (قصيرة) من عصر الجليد الألبي.

بجمع وتلخيص نتائج بحثنا الخاصة بأسباب التغيرات التي تدل دراستنا للمصاطب النيلية أنها قد حدثت في مستوى البحر المتوسط الشرقي قياساً باليابسة المصرية بين عصر البليوسين الوسيط وعصرنا الحالي، فقد نستنتج الآتي:

(1) – أن الانخفاض من 180 إلى 18 م فوق مستوى سطح البحر المتوسط الحالي الذي حدث على مراحل متعاقبة في عصر البليوسين المتأخر إلى العصر الموستيري الباكر ضمنياً، قد نتج عن حركة ارتفاع قارية بطيئة لليابسة.

(2) – أن التقلبات اللاحقة في العصر الموستيري الوسيط والعصر السبيلي المتأخر قد سبّبها بشكل أساسي التغيرات الفعلية في مستوى البحر المتوسط الشرقي نفسه عبر فترات من انقطاع اتصاله بالمحيط الأطلنطي.

(3) – أن الارتفاع الذي حدث في المستوى النسبي لسطح البحر منذ بداية العصر الحجري الحديث قد سببته ترسبات قارية بطيئة لليابسة.

هناك أسباب للاعتقاد أنه على الرغم من الحركة البطيئة للإرساب القاري لليابسة التي تواصلت عبر العصر الحجري الحديث، وبالتالي ربما قد تخلصت منها الآن، من الممكن أن حركة محلية (تقابل في الوقت الحالي جزءًا شماليًا من الدلتا). في كل من بحيرة البرلس وبحيرة المنزلة توجد العديد من الجزر الصغيرة مغطاة بأطلال القرى القديمة التي اختفت كل أراضيها تحت المياه الضحلة للبحيرات، وفي أماكن متفرقة على امتداد الساحل الواقع غرب الاسكندرية تُرى بقايا المدن القديمة مغمورة لعدة أمتار تحت البحر، بينما الحجرات السفلى من مقابر الكاتاكومب المحفورة في الصخر بالإسكندرية – التي ربما تعود إلى النصف الأول من القرن الثاني الميلادي، ولابد أنها كانت تقع فوق مستوى المياه الجوفية في الوقت الذي تم فيه التنقيب عنها وكشفها – قد غمرتها الآن بشكل دائم مياه متسربة لعمق يزيد عن مترين.

وبإجراء مقارنة دقيقة للتغيرات في مستوى النيل بالدلتا خلال الأعوام 1910، 1911، 1912 مع التغيرات في مستوى الماء بمقابر الكاتاكومب بالإسكندرية خلال نفس السنوات الثلاث، وجد أوديبو بك ارتباطًا دورياً شديد التميز بين المستويين، وبذلك فقد ثبت بوضوح أن ذلك الماء المرشح قد جاء من سطح مائي جوفي متصل بالنهر، واستنتج من ملاحظاته أن مستوى النيل قرب تدفقه إلى البحر – وبالتالي مستوى البحر المتوسط نفسه أيضاً – لابد أنه قد خضع لارتفاع قدره حوالي 2.6مترًا على الأقل في غضون الثمانية عشر قرناً الأخيرة، بما يعني معدل متوسط قدره 14 سم في القرن. إن هذه الزيادة في المستوى النسبي للبحر المتوسط منذ القرن الثاني الميلادي سببها هبوط موضعي للأرض التي تشكل الجزء الشمالي من الدلتا وليس بإرساب الأرض المصرية ككل، ولكنها مع ذلك تبدو مؤكدة من الدليل الذي توفره قناة تحت سطح الأرض اكتُشفت مؤخراً بالقرب من مرسى مطروح على ساحل البحر المتوسط على بعد حوالي 200 كم غرب الاسكندرية.

من الواضح أن هذه القناة – التي يقع قاعها فوق مستوى سطح البحر الحالي ببضعة سنتيمترات فقط - كانت قد حُفرت من أجل الحصول على إمدادات المياه الصالحة للشرب للمستوطنة اليونانية – الرومانية التي تواجدت في محيطها، عن طريق سحب الطبقة الرقيقة من مياه الصرف التي تجري تحت سطح الأرض في تلك المنطقة من التلال الموجودة داخل الصحراء لتصل إلى البحر، بعد تنقيتها من الرمال التي سدتها عبر القرون الماضية، وهي تشكل الآن مصدراً مهماً لمياه الشرب في مدينة

مطروح. ولو لم يكن مستوى سطح البحر أقل بالنسبة لليابسة في ذلك المكان بمستوى مترين أو ثلاثة في الفترة التي شُقت فيها تلك القناة – عما هو عليه الآن – فسيبدو مستحيلا أن صفحة المياه العذبة الجوفية التي تعلو المياه المالحة ولا يتعدى سمكها متراً، ما كان لها أن تصل إلى مستوى عالٍ بما فيه الكفاية لسحبها عن طريق القناة.

هوامش الفصل

---

[1] See Sandforrd (K.S.) and Arkell (W.J.), " Palaeolithic Man and the Nile - Faiyum Divide ", Chicago, 1920; and " Palaeolithic Man and the Nile Valley in Nubia and Upper Egypt ", Chicago ,1933; also Sandford (K.S.) " Palaeolithic Man and the Nile Valley in Upper and Middle Egypt ", Chicago, 1934.

وقد اتبعت في الكتاب الحالي نهج دكتور ساندفورد في استعمال المصطلحين: الموستيري والسبيلي، كمرادفين للعصرين الحجري القديم الوسيط والأعلى، على الترتيب بقدر ما تناولنا وادي النيل، ولكنني استخدمت المصطلحات: الباكر، والوسيط، والمتأخر بدلا من استخدامه لمسميات: الأدنى والوسيط والأعلى، لأقسام العصر الحجري القديم وأقسامه الفرعية، لكي نتجنب أي التباس ينشأ عن أن المصاطب النيلية الباكرة تقع أساسا عند مستويات أعلى من تلك التي تكونت بعدها لاحقا.

[2] انحدار النهر نفسه هو بالطبع أكثر تسطحا من انحدار السهل الفيضي خاصة في الدلتا، نتيجة لفعل التحات لمجرى النهر.

[3] Judd (J.W.), Second Report of specimensof the Deposits of the Nile Delta , obtained by Boring operations undertaken by the Royal Society ". proc.R.S., Vol.61 (1897) , p.35.
Caton-Thompson (G.) and Grdner (E.W,) , " Recent Work on the problem of Lake Moeris ". Geog.Journal Vol. LXXIII (1929) , p.38.

[4] see Haug (E.). " traite de Geologie " , Vol II , paris 1920 , p.1740 ; or Gignoux (M.), " Geologie Stratigraphique " , 2nd. Edition , Paris , 1936 , p.601

الفصل الرابع:

المناسيب المرتفعة لطمي النيل في مصر العليا

خلال العصر السبيلي المبكر والأدلة على وجود سابق لبحيرة عظمى في منطقة السُد بالسودان

ألمحنا في الفصول السابقة إلى وجود ترسبات هائلة من غرين النيل – على امتداد جانبيْ وادي النيل في مصر العليا وعلي السهول الصحراوية المتاخمة له – تصل إلى مناسيب مرتفعة للغاية فوق السهل الفيض الحالي للنهر، وأوضحنا، بناءً على رأي ساندفورد وأركل، أن هذه الترسبات– التي من الواضح أنها أقدم بكثير من طمي النيل المألوف الذي يغطي أرضية الوادي- قد تشكلت في بواكير العصر السبيلي من نهايات العصر الحجري القديم.

يبين المقطع الطولي في شكل(19) كيف يتضاءل ارتفاع تلك الترسبات الطميية تدريجياً كلما اتجهنا شمالا، من منسوب 30 م تقريباً فوق السهل الفيضي الحالي بوادي حلفا إلى أن يتطابق هذا الطمي السبيلي مع منسوب السهل الفيضي الحالي بنجع حمادي. وما دام من المعروف أن انحدار النهر في ذلك الجزء من مصر في العصر الموستيري المتأخر-الذي سبق مباشرةً فترة إرساب ذلك الطمي في مواضعه – كان مقارباً لنفس انحدار السهل الفيضي الحالي؛ فمن الواضح أن تراكم هذه الترسبات الطميية الناتجة في منحدر النهر لمسافة طويلة من شمال وادي حلفا قد أصبحت شديدة الانحدار لمدة من الزمن. وسوف نبحث في الفصل الحالي عن السبب الرئيسي لهذه المرحلة المميزة من تاريخ النهر.

لا بد أن تكون الخطوة الأولي في بحثنا هي محاولة التحقق من المصدر المحتمل لترسبات هذا الطمي. والأحرى أن نستبعد بداية أية فكرة تقول بأن هذا الطمي جلبته إلى مجرى النيل أودية جانبية من صحراء مصر الشرقية، لأن دكتور ساندفورد ودكتور أركيل قد لاحظا أن الترسبات الطميية تسد مصبات أودية الصحراء الشرقية بطريقة تدل على أن الأودية الجانبية قد توقفت -عملياً -عن التدفق وقت تكوين تلك الترسبات، لا بد أن النهر نفسه قد جلب الترسبات الطميية من الجنوب، ومن ثم قد يبدو على وجه اليقين أن في العصور السبيلية المبكرة كانت هناك زيادة مؤقتة في المحتوى الغريني بمجرى النيل الرئيسي. تدل دراسة للجغرافيا الحالية للمناطق التي يعبر النهر خلالها قبل دخوله مصر -وخاصة بفحص شكل المقطع الطولي لمجرى النيل الرئيسي من البحيرات الاستوائية إلى البحر – أن هذه الزيادة المؤقتة من المحتوي الغريني ربما واكبت الفترة التي حدث فيها الإرساب، كنتيجة لاندفاع المياه وخروج الغرين من بحيرة عظمي كانت موجودة في الماضي جنوب الخرطوم.

المناطق التي يعبرها النيل الحالي

يتضح من شكل(20) خريطة للنيل الحالي وروافده، مع مستويات فيضان النهر عند عدد من النقاط الرئيسية. كما يعرض شكل(21) مقطعاً طولياً به مستويات الفيضان الحالية للمجرى الرئيسي بدءا من البحيرات الاستوائية حتى البحر المتوسط، بالإضافة إلى آخر رافد يلتحق بنهر النيل (نهر عطبرة).

يعبر المجرى الرئيسي للنهر -في طوله البالغ 5646 كم من بحيرة فيكتوريا إلى البحر-خمس مناطق متتالية، يمكن أن نسميها من الجنوب إلى الشمال:

-إقليم هضبة البحيرات

-إقليم السُد

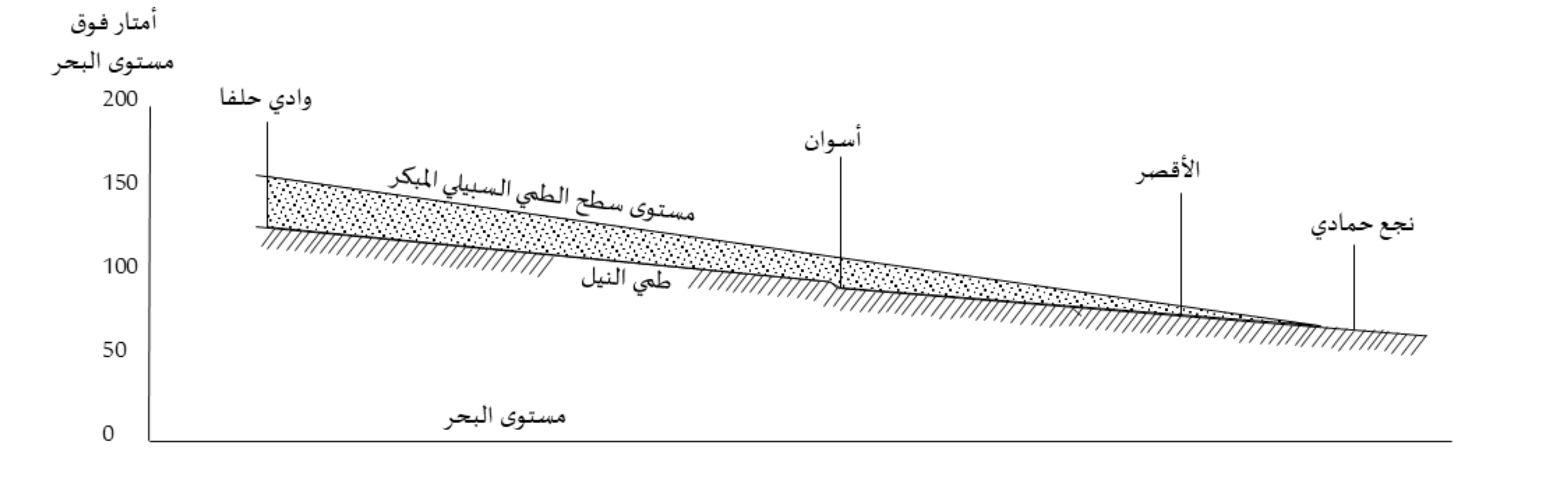
- إقليم السودان الأوسط

- إقليم الجنادل

- الإقليم المصري

تختلف هذه المناطق الخمس عن بعضها البعض في كل من التضاريس، وطبيعة السطح العامة للأرض، والمناخ، وبعض من التركيب الجيولوجي، ونتج عن ذلك أن النهر يُظهر تغيرات مميزة لانحداره عندما يعبر من إحدى تلك المناطق إلى منطقة أخرى. يمكن اعتبار **هضبة البحيرات** امتدادًا لإقليم بحيرة فيكتوريا الممتد إلى جوبا، لمسافة قدرها 827 كم حسبما قيست على امتداد المجري الرئيسي للنهر. وهي منطقة ذات تلال وهطول غزير للأمطار (حوالي 1200 مم في العام).

يترك النيل – في مجراه عبر تلك المنطقة – بحيرة فكتوريا عند شلالات ريبون، ويشق طريقه عبر طرف بحيرة كيوجا الضحلة متعددة الأذرع، ثم بعد عبوره قرية أتورا يهبط بسرعة إلى بحيرة ألبرت عبر شلالات مرتشيزون. وبتركه بحيرة ألبرت – إلى الشمال قليلا من نقطة دخوله إليها -يتدفق النهر بهدوء لمسافة قدرها 225 كم تقريباً بين ضفاف المستنقعات حتى نيمولي، ثم يواصل سيره بعد ذلك مجتازاً سلسلة من المنحدرات لمسافة 210 كم تقريبا حتى يصل إلى سهول السودان عند جوبا.



شكل 19: مقطع طولي على امتداد وادي النيل من وادي حلفا في الشمال إلى نجع حمادي، ويبين الارتفاع النسبي لطمي العصر السبيلي المبكر والإرساب الأحدث لطمي النيل الذي يشكل القاع الفعلي للوادي.

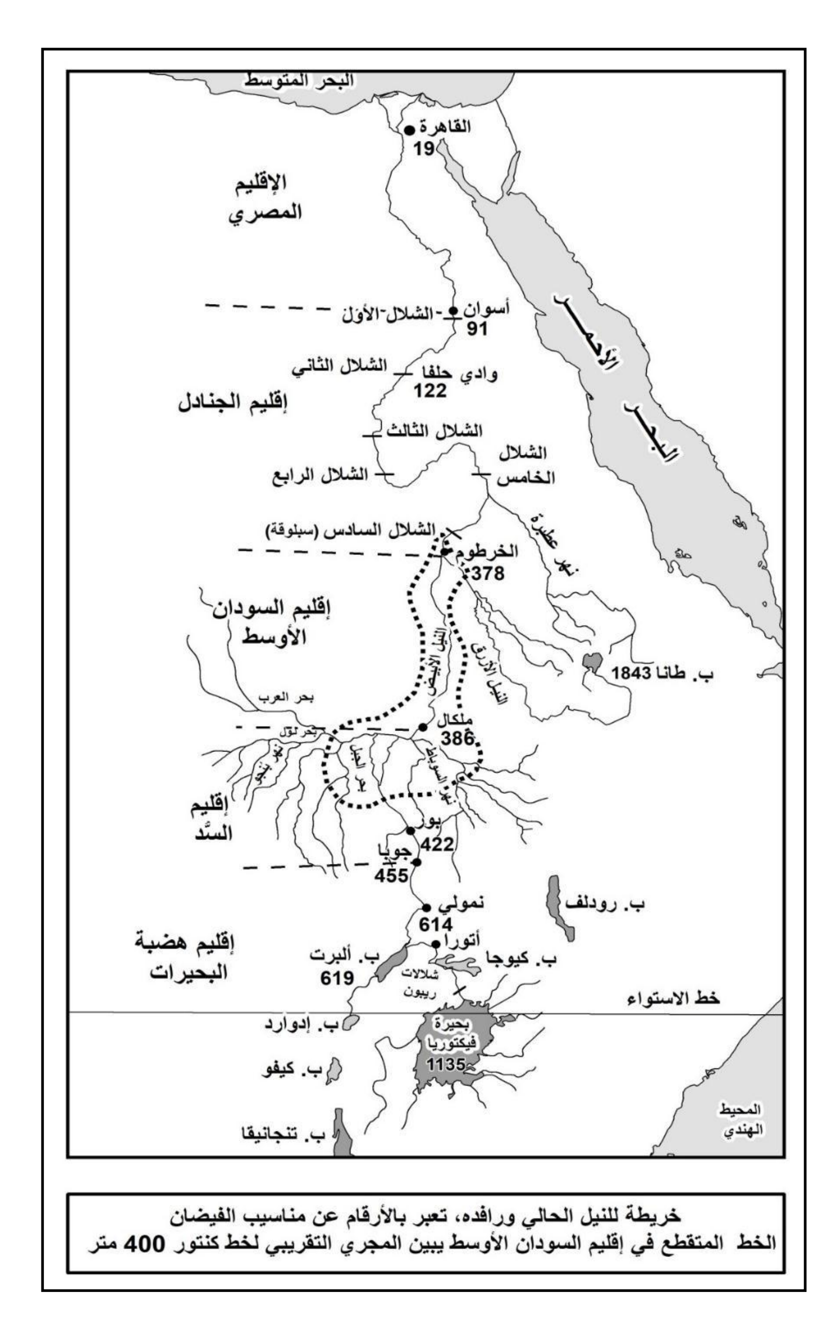
(طول المقطع الفعلي 700 كم، والمقياس الطولي يبلغ 1000 ضعف المقياس الأفقي).

يبلغ منسوب بحيرة فيكتوريا 1135 م فوق سطح البحر، ومستوى النهر في مسيره عند جوبا 455 م، ومن ثم يبلغ الانخفاض الكلي للنهر في مسافة 827 كم من مجراه بين تلك النقطتين حوالي 680 م، أي ما يعادل انحدارا قدره 1م لكل 1216م.

أما **منطقة السُد** فتمتد من جوبا شمالا حتى ملكال، وهي مسافة قدرها 958 كم حسبما قيست على امتداد مجرى النهر الرئيسي. وهذه المنطقة عبارة عن مستنقعات وأراضي سبخية تشغل الجزء الجنوبي من السهل الفيضي العظيم -الذي يمتد شمالا مع انحدار طفيف -من منطقة هضبة البحيرات، وتمتد لأكثر من مائتي كيلومتر على كلا جانبي النهر.

يصل معدل هطول الأمطار السنوي على هضبة السُد لحوالي 900 مم. وفي الجزء الشمالي من هذه المنطقة يتصل بالنيل – الذي يحمل حتى هذه المنطقة مسمى بحر الجبل – رافدان عظيمان وهما السوباط وبحر الغزال. يفرغ الأول حمولة الأنهار القادمة من جبال الحبشة، والثاني حمولة الأنهار القادمة من حوضيّ النيل/الكونجو والنيل/تشاد على حد سواء. يعاكس تدفق هذه الأنهار إلى حد كبير مستنقعات البردي والحشائش الطويلة المنتشرة على نطاق واسع، مسببةً ضياع حصة كبيرة من المياه التي تصل للنيل عن طريق السوباط وبحر الغزال بسبب التبخر والنتح، وكثيراً ما يصير الإبحار في الروافد وفي النهر الرئيسي شديد الصعوبة، حيث تنسد مجاريها بكتل منفصلة من النباتات المتعفنة. ومن هنا استمدت منطقة السُد اسمها، حيث أن كلمة " سُد " SUDD تعني باللغة العربية "عائق".

يبلغ منسوب النيل في مسيره عند جوبا حوالي 455 مترا، بينما يبلغ 386 مترًا عند ملكال. والانخفاض الكلي في النهر الرئيسي في عبوره لمسافة 958 كم عبر منطقة السُد يبلغ 69 متر، والذي يعادل معدل انحدار قدره 1م لكل 13.900، والذي يلاحظ أنه أكثر تسطحاً من معدل انحدار النهر في مسيره عبر الإقليم المصري من أسوان إلى البحر. **أما منطقة وسط السودان** فتمتد من ملكال شمالاً حتى الخرطوم، لمسافة تبلغ 809 كم. تشكل تلك المنطقة الجزءَ الشمالي من السهل الغريني العظيم الذي أشرنا إليه، ولا تختلف عن منطقة السُد الواقعة في جنوبها في أن مناخها أجف فحسب (حيث يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي 500 مم تقريبا) بل في كونها خالية من المستنقعات لدرجة أنه يمكن زراعة مساحات شاسعة من الأراضي عن طريق ريّها من النهر.



خريطة للنيل الحالي وروافده، تعبر بالأرقام عن مناسيب الفيضان
الخط المتقطع في إقليم السودان الأوسط يبين المجري التقريبي لخط كنتور 400 متر

شكل (20)

ويلاحظ أن النيل في مسيره عبر منطقة وسط السودان – حيث يسمى بالنيل الأبيض – لا تتدفق إليه أية روافد. لكن عند الخرطوم – على الحد الشمالي للمنطقة – يتصل به من الشرق رافدُه القوي: النيل الأزرق، والذي يجيء من مرتفعات الحبشة. ونتيجة للطبيعة الموسمية لتدفقه الهائل، فإنه المسؤول الرئيسي للزيادة والانخفاض كل سنة ومن ثم تغير منسوب النهر إلى الشمال من نقطة المصب. يبلغ منسوب النيل 386 متر عند ملكال، و 378 متر عند الخرطوم. ويبلغ الانخفاض الكلي في النهر في عبوره لمسافة 809 كم عبر منطقة السودان الأوسط 8 م فقط، والذي يساوي معدل انحدار استثنائياً مسطحاً قدره 1م لكل 100.000م أو أقل من سنتميتر لكل كيلو متر.

تمتد **منطقة الجنادل** من الخرطوم إلى أسوان، وهي مسافة قدرها 1847 كم حسبما قيست على طول المجرى المتعرج للنهر، ولكن 950 كم فقط منها في خط مستقيم. وهي منطقة تلال صحراوية ذات مناخ شديد الجفاف، حيث أن متوسط سقوط الأمطار السنوي يبلغ أقل من 50 مم. يتدفق النيل عبر هذه المنطقة في وادٍ تكون بفعل النحت ويجري هنا عبر منحدرات نهرية وعرة أو "جنادل" يتبادل تَتابعها مع مناطق نهرية أكثر هدوء. هذه الجنادل – التي تشغل في مجملها حوالي 565 كم من 1847 كم من مجرى النهر عبر منطقتها المسماة " منطقة الجنادل " - تسببت فيها بروزات من الصخور البلورية، والتي تقاوم فعل النحت النهري أكبر بكثير من مقاومة الأحجار الرملية النوبية التي يتخلل النهر ضفافها بين حين وآخر. في إحدى المراحل الهادئة من مجرى النيل عبر منطقة الجنادل، يصل للنيل آخر روافده - نهر عطبرة - وهو مجرى موسمي سيليِّ يقع منبعه بعيداً في المرتفعات الحبشية الواقعة في الجنوب الشرقي، ويلتحم بمجري النيل الرئيسي إلى الشمال من الخرطوم بنحو 322 كم.

هذا ويبلغ منسوب النيل عند الفيضان 378 م في الخرطوم و 91 م عند أسوان، ويبلغ الانخفاض الكلي للنهر في اجتيازه لمنطقة الجنادل 287م خلال مسيرة 1847 كم، أو بمعدل انحدار قدره حوالي 1م لكل 6440م.

يختلف فعل النهر في منطقة الجنادل بشكل بارز عن فعله في الإقليمين شمالها وجنوبها، حيث أنه في المنطقتين الأخيرتين يعمل على رفع قاعه تدريجيا عن طريق

إرساب الطمي، بينما في منطقة الجنادل يعمل على خفض مستوى قاعه عن طريق التحات.

عند جندل سِمنا (الواقع جنوب وادي حلفا بحوالي 70 كم) يتبين -من موقع النقوش المحفورة في الصخر منذ عصر أمنمحات الثالث – أن النيل قد خفّض مستوى مجراه في الحاجز الصخري هناك بحوالي 8 أمتار على امتداد فترة 3800 سنة الماضية، وقد يكون هناك بعض الشك أن التحات كان يتم باستمرار لعصور طويلة بمعدل مختلف قليلا عن معدله في أجزاء عديدة أخرى من منطقة الجنادل.

يمتد **الإقليم المصري** من أسوان إلى البحر المتوسط، لمسافة قدرها 1205 كم حسبما قيست على امتداد مجرى النهر حتى مصبه في رشيد، أو حوالي 860 كم حسبما قيست في خط مستقيم. وهي في الأساس منطقة صحاري شاسعة الامتداد وغير ممطرة تقريبا (معدل سقوط الأمطار السنوي أقل من 20 مم)، ويتدفق النيل عبرها من الجنوب إلى الشمال في وادٍ شُقّ بدرجة عميقة حتى يصل إلى رأس الدلتا ثم يتفرع إلى فرعين يصبان في البحر عند رشيد ودمياط.

تشكل السهول الفيضية للنهر – بمعنى أرض الوادي وسطح الدلتا – من الناحية العلمية المناطق المزروعة الوحيدة في المنطقة، وبقية مصر صحراء جرداء غير مأهولة بالسكان. يبلغ مستوى النيل في موسم الفيضان 91 متر فوق سطح البحر عند أسوان، وعملياً صفر عند مصب رشيد. معدل انحدار النهر في عبوره خلال الإقليم المصري يبلغ 91 مترا في 1205 كم، أو 1م لكل 13.200م.

القطاع الطولي للنيل وأثره في احتمال وجود نظامين نهريين منفصلين في الماضي

إن الاختلافات المميَّزة في انحدار النهر في الأقاليم الخمسة المتعاقبة التي يمر بها تظهر بوضوح شديد في المقطع الطولي بشكل 13. سيلاحَظ أن الانحدار في إقليم السودان الأوسط (من ملكال إلى الخرطوم) يعد شديد التسطح لدرجة أنها تبدو وبالكاد قابلة للتمييز في هذا القطاع، بالرغم من مبالغة في المقياس الرأسي قدرها ألف مرة مقارنةً بالمقياس الأفقي.

لا يعد القطاع الطولي في مجمله دليلا قويا على وجود نهر واحد بل على نهرين منفصلين؛ الأول يجيء من بحيرة فيكتوريا وينتهي في بحيرة بجنوب الخرطوم، والآخر يتخذ من عطبرة منبعاً له ويصرِّف مياهه في البحر.

لا يمكننا تخيل ذلك في الوقت الحالي إلا بوضع سد على النهر عند الجندل السادس (جندل سبلوقة) ومن ثم رفع مناسيب المياه في جنوبه لحوالي 30 م؛ وسيؤدي بنا ذلك إلى البحث عما إذا كانت تلك حالة قد حدثت فعليا ذات مرة، سيما عندما نضع في حسباننا التوزيع العريض للترسبات الطميية في منطقة السُد وفي إقليم السودان الأوسط من ناحية، ومن ناحية أخري المعدل السريع نسبيا الذي يبدو أن النهر يخفض عنده مستوى قاعه في منطقة الجنادل عن طريق التحات في الوقت الحالي.

فرضية بحيرة السُد

إن فكرة حتمية وجود بحيرة واسعة قد غطت في أحد العصور ما يُعرف الآن بمنطقة السُد كانت يتبناها مهندس الري الإيطالي إي. لومبارديني منذ عام 1865[1]، بناءً على اعتقادٍ فيما كان في تلك الفترة معروفاً بخصوص الرواسب الطميية وهيدرولوجية المنطقة، وعلى الافتراضية التي أيدها فيما بعد السير ويليام ويلكوكس[2] في عام 1904 والبروفيسور أ.س. لاوسون[3] في عام 1927، وإنني أعتقد أن المؤلف الأخير كان أول من يطلق اسم "بحيرة السُد" على هذه البحيرة الافتراضية القديمة.

وعلي الجانب الآخر انتقد هذه الفكرة السير هنري لايسون[4] في عام 1906، ولكن إلى حد كبير- حسب اعتقادي – كان هذا الانتقاد بسبب أن تقدير السير ويليام ويلكوكس لامتداد البحيرة كان ضئيلا جداً. افترض ويلكوكس أن البحيرة القديمة كانت محصورة في منطقة السدود، وكان أقصى طول لها من الجنوب إلى الشمال حوالي 400 كم، وهي نظرة تتضمن بالضرورة الاعتقاد أن مجرى النيل الأزرق - في الفترة التي كان يصرّف فيها مياهه في تلك البحيرة - لا بد أنه قد انعطف نحو الجنوب لمسافة كبيرة، بينما في الواقع – كما سأبين من دراسة للمستويات التي جرى تحديدها حديثاً – فلا بد أن البحيرة – إن لم تكن قد حدثت حركة أرضية لاحقاً في المنطقة – لم تشمل منطقة السُد فقط، بل امتدت شمالاً أيضا عبر السودان الأوسط حتى

الخرطوم، بحد أقصي بلغ نحو 1050 كم، فاستطاع النيل الأزرق بالتالي تصريف مياهه فيها بدون أي انحراف عن مجراه الحالي المتجه شمال الشمال الغربي.

موقع وامتداد بحيرة السُد

هناك طريقتان قد نحدد بهما الامتداد السالف لبحيرة تغطي منطقة السُد (بافتراض وجودها فعليًا). أولى هاتين الطريقتين هي تعقب حدود البحيرة حسب ترسبات سواحلها القديمة على الأرض. وإذا استطعنا إجراءها، فستتميز بكونها طريقة مستقلة عن الحركات الأرضية اللاحقة، بل ويمكنها أن توفر دليلا عن مقدار هذه الحركات إن كانت قد حدثت بالفعل. لكن هناك دراسات محدودة تُظهر أن هذه الطرق غير عملية؛ حيث إن تحديد الخطوط الشاطئية لبحيرات ما قبل التاريخ لا يخلو من الصعوبة حتى في منخفض الفيوم، حيث كانت هناك كمية غزيرة من الحصى شكلت ضفافاً منه، وحيث سقوط الأمطار شديد الضآلة تقريبا. بينما في السودان لا يعد الحصى نادراً فحسب (فتات الصخور الذي تنقله وترسبه الأنهار يتميز بطبيعة شديدة النعومة) بل إن سقوط الأمطار غزير جدا لدرجة أن أي ترسبات شاطئية ربما قد وُجدت حول البحيرة المفترضة ستكون قد تفككت منذ زمن بعيد، وأعاد المطر توزيعها مما يعني طمي معالم تلك البحيرة.

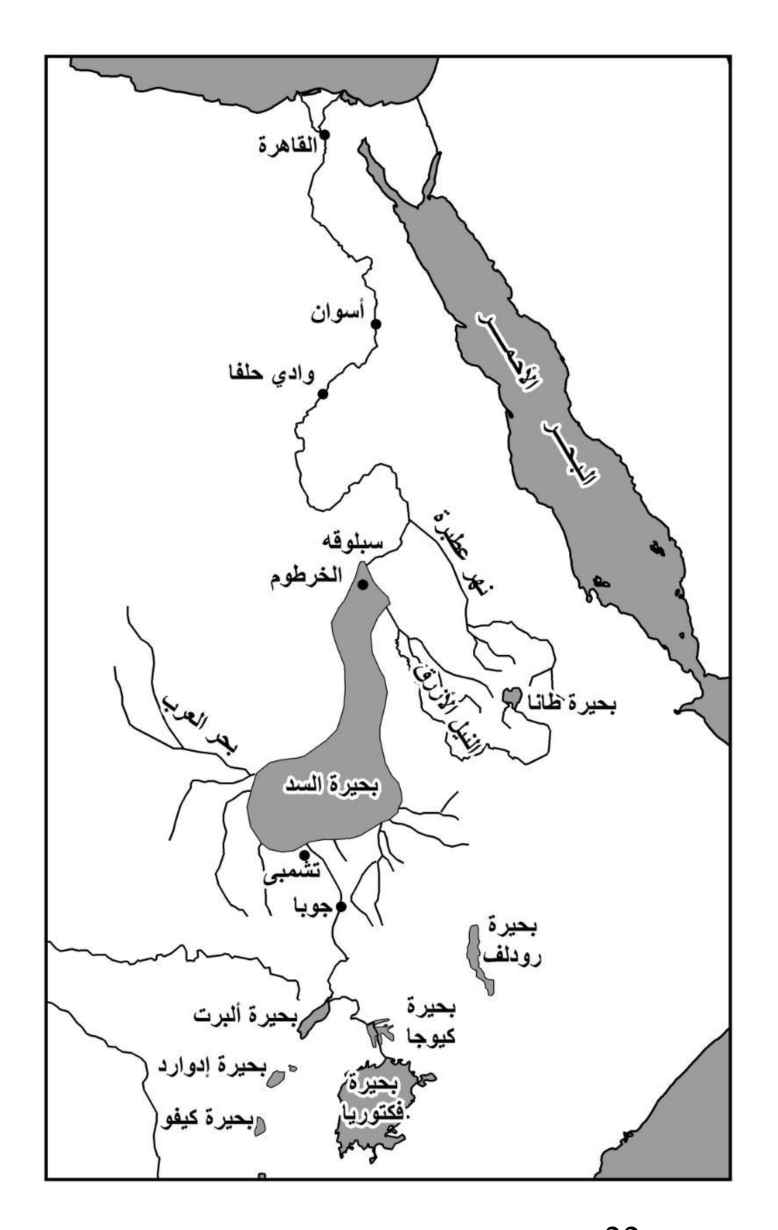
وعلاوة على ذلك، فإن الترسبات التي تشكلت على أرضية هذه البحيرة سيكون من الصعب التفريق بينها وبين الترسبات الطميية التي ترسبت لاحقا فيما بعد، والتي يمكن أن تكون قد طمرتها في أماكن عديدة.

الطريقة البديلة هي افتراض أنه لم تكن ثمة حركات أرضية متفاوتة بالمنطقة منذ أن تكونت البحيرة، ثم إذا وجدنا مستوى نقطة واحدة معينة قد يفترض أنها على ساحل البحيرة، وسيمدنا الكنتور الخاص بها – حيث لابد أن كان للبحيرة مستوى سطح معين – بالحدود التي امتدت عندها البحيرة.

قد يلاحظ أنه ليس لدينا سبب يحملنا على الاعتقاد أنه قد حدثت حركات أرضية متفاوتة في المنطقة خلال – أو منذ – عصر البلايستوسين.

وفيما يتعلق باختيار نقطة ما قد يُفترض -على نحو صائب – أنها كانت على حافة البحيرة الافتراضية؛ فقد نتخذ نقطة معينة لهذا الغرض في منطقة شامبي التي تقع على بحر الجبل على مسافة 138 كم أعلى مجري النهر من الخرطوم، والتي تُعد المكان الذي يبدأ عنده نمو السُد في الانتشار على نطاق عريض يكتسح السهول الطميية.

ولأن مستوى فيضان النهر عند شامبي يبلغ 407 متر فوق سطح البحر، فقد نأخذ خط الكنتور 400م ليمثل على نحو تقريبي الحافة المحتملة للبحيرة القديمة. وحتى فترة حديثة جداً، كان من المستحيل تعقب المجرى عند هذا الكنتور – حتى ولو بشكل افتراضي – على خرائط السودان، حيث أن هذه الخرائط تعد فقيرة جداً في بيانات الارتفاع، لكن في خلال السنوات القليلة الماضية، تم أخذ كمية هائلة وشديدة الدقة من مسح الارتفاعات في السودان عن طريق مصلحة المساحة المصرية والمتصلة بمشروعات التحكم في النيل. ورغم أن المستويات التي قد تم التأكد منها تعد في الأساس محصورة بمنطقة النهر المباشرة وروافده، وهي لذلك تعد في حد ذاتها بعيدة عن تقديم معلومات كافية لتمكين رسم دقيق كامل لخط الكنتور 400 م إلا أنها مع ذلك تقدم معلومات موثوق فيها فيما يتعلق بمواقع بعض النقاط عليها. ومن دراسة المستويات المعروفة بالإضافة إلى فحص الوضع العام للبلاد حسبما صوَّرته خطوط الهيئة على خرائط المساحة السودانية بمقياس 250.000/1، سيبدو خط الكنتور 400م ممتدًا بالتقريب على المسار الذي أشرتُ إليه بخط منقط على الخريطة في شكل(20)، وقد حاولت في شكل(22) أن أبين الموقع والحد المتطابقين للبحيرة القديمة المفترضة، ومجاري الأنهار المتدفقة إليها كما كانت عليه في الوقت الذي يفترض أن البحيرة كانت موجودة فيه سلفا.



شكل22: خريطة توضح الموقع المفترض ومدى بحيرة السدود التي كانت موجودة قبل التاريخ، والأنهار التي كانت تصرّف مياهها فيها

نلاحظ في شكل (22) أن البحيرة الافتراضية – التي يمكن تسميتها ببحيرة السُد – لو أن سطحها قد استقر عند مستوي خط الكنتور 400 م فلابد أن طولها من الجنوب إلى الشمال قد بلغ حوالي 1050 كم، وبعرض أقصى من الشرق إلى الغرب قدره حوالي 530كم، وكانت مساحتها تبلغ حوالي 230.000 كم مربع. حتى في المكان الذي دخل منه النيل الأزرق إليها، فإن عرضها سيكون حوالي 140 كم، بحيث أنه لن يكون ثمة داعٍ للتخيل – كما فعل السير ويليام ويلكوكس - أن النيل الأزرق قد تدفق بشكل عكسي صعودا إلى الجنوب تجاه النيل الأبيض الحالي حتى يصل إلى البحيرة.

وبالطبع، فستكون البحيرة أعمق بالقرب من نهايتها الشمالية، وسيبلغ عمقها حوالي 22 متر عند المكان الذي تشغله الخرطوم حاليا.

قبل قبول الاستنتاج المذكور بالأعلى الخاص بموقع وامتداد بحيرة السد القديمة، علينا بالطبع التساؤل عما إذا كانت بحيرة بذلك الحجم خاليةً من التدفق، فهل يكفي التبخر لإنهاء وجودها، ليس تبخر كل الأمطار التي هطلت عليها فقط، بل أيضا كل مياه الأنهار المصرّفة التي دخلت إليها. كان معدل هطول الأمطار الحالي السنوي على المنطقة التي يفترض أن البحيرة كانت تغطيها هو 650 مم، حسب خرائط هطول الأمطار التي نشرتها مؤخراً مصلحة الطبيعيات.

إن معدل تصرّف المياه السنوي لبحر الجبل أمام شامبي حاليا -حسب دكتور هيرست[(5)]- يبلغ حوالي 21 كم^3، ولنهر السوباط حوالي 14كم^3، وللنيل الأزرق حوالي 51 كم3، وبينما يبلغ معدل تصرف المياه السنوي لبحر الغزال حوالي نصف كم مكعب، فإن دكتور هيرست يقدّر أنه على الأقل قد فُقد 30 ضعف هذه الكمية في المستنقعات، بحيث أنه يمكن أن نضع التصريف السنوي لروافد بحر الغزال التي ستتدفق إلى بحيرة السُّد تحت ظروف هطول الأمطار حاليا عند حوالي 15 كم^3.

وبذلك، فإن السعة الكلية للمياه الداخلة إلى البحيرة سنويا من الأنهار (بفرض تشابه ظروف سقوط الأمطار مع الظروف الحالية)، ستكون بالتقريب حوالي 101كم^3، وهي تعادل مسطح بحيري سمكه 44 سم. وبإضافة الـ 65 سم من هطول الأمطار إلى هذه الطبقة، فسيكون لدينا سُمك كلي لمياه تلك البحيرة مقداره 109سم تقريبا والتي يتم التخلص منها سنويا عن طريق التبخر، بمعنى أن معدل التبخر اليومي

من البحيرة يبلغ 3 مم سيكفي للتخلص من كل الأمطار ومياه النهر الداخلة للبحيرة. ولأن متوسط المعدل اليومي حاليا للتبخر من سطح مائي مفتوح في المنطقة يقدر بحوالي 5مم[6]، فمن الواضح أن معدل سقوط الأمطار في السودان كان أكبر في الوقت الذي كانت فيه البحيرة موجودة مقارنة بالمعدل الحالي، بدون أن يسبب ارتفاع سطح البحيرة وتجاوزه لمنسوب خط كنتور 400م.

إن غياب خريطة جيولوجية واضحة للسودان جعل من المستحيل فحص مدى توافق خط الكنتور 400م مع حدود توزيع الترسبات التي ربما تكون ذات أصول دلتاوية أو بحيرية، لكن بقدر ما كنت قادراً على جمع المعلومات من ملاحظات وصْف طبيعة الأرض على خرائط السودان ذات المقياس 250.000/1، وبإجراء محادثات مع العديد من الأصدقاء والمعارف الذين سافروا في المنطقة؛ فليس هناك ما يمنع افتراض أن درجة التوافق ربما كانت على نحو معتدل متقاربة. إنني أتفهم أن مستر جرابهام، مدير الإدارة الجيولوجية الحكومية بالسودان، يعتقد حتى الآن أن تربة القطن السوداء التي تغطي قدراً كبيراً جداً من سهول السودان لا بد أن أصلها تربة نقلتها الرياح، وقد قامت رؤيته في الأساس اعتمادا على عدم وجود تتابع طبقي واضح في هذه الترسبات الواضح للطبقات.

لكن على الأرجح أن هذه الترسبات عديمة الطبقية الظاهرة نشأت عن ترسيب بطيء منتظم لمواد شديدة النعومة تجمعت في قاع بحيرة تقع على مسافات بعيدة بما فيه الكفاية عن نقاط دخول الأنهار الحاملة للغرين، وبالتالي، فإن التربة السوداء قد تكون على نحو ما مؤلفة جزئيا من ترسبات بحيرة عذبة.

كيف اختفت البحيرة

فيما يتعلق بكيفية اختفاء بحيرة السُد وبالتالي غياب نظام اتصال النيلين الأبيض والأزرق بنهر عطبرة، فهناك احتمال كبير أن البحيرة قد ازداد تدفق الماء منها في نهاية الأمر عن طريق مخرج مائي لها في الشمال إما كنتيجة للارتفاع التدريجي لمستواها عن طريق الإرساب الزائد أو لارتفاع سريع في مياهها عن طريق دخول بحيرة فيكتوريا إلى نظام النيل الأبيض[7]، بالإضافة إلى الانخفاض الناتج عن النحت في منطقة تقسيم المياه بين المجاري المائية ثم التصريف على التعاقب جنوباً وشمالاً من الأرض التليّة

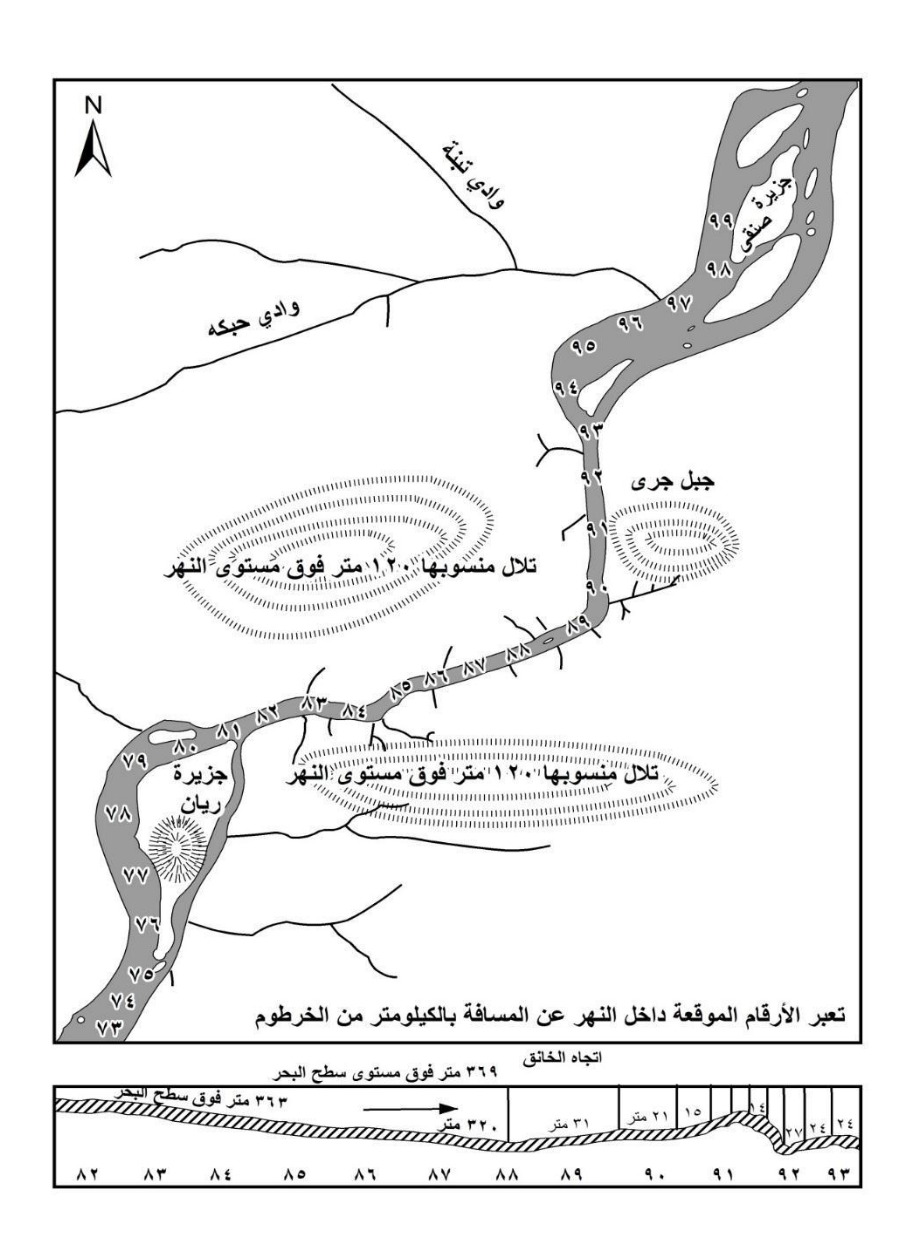
التي يقطعها الآن جندل سبلوقة (الجندل السادس)، ثم فرغت وصرفت مياهها تدريجيا نتيجة للنحت السريع لمجرى نهر النيل عبر الجندل وإلى الشمال منه.

جندل سبلوقة

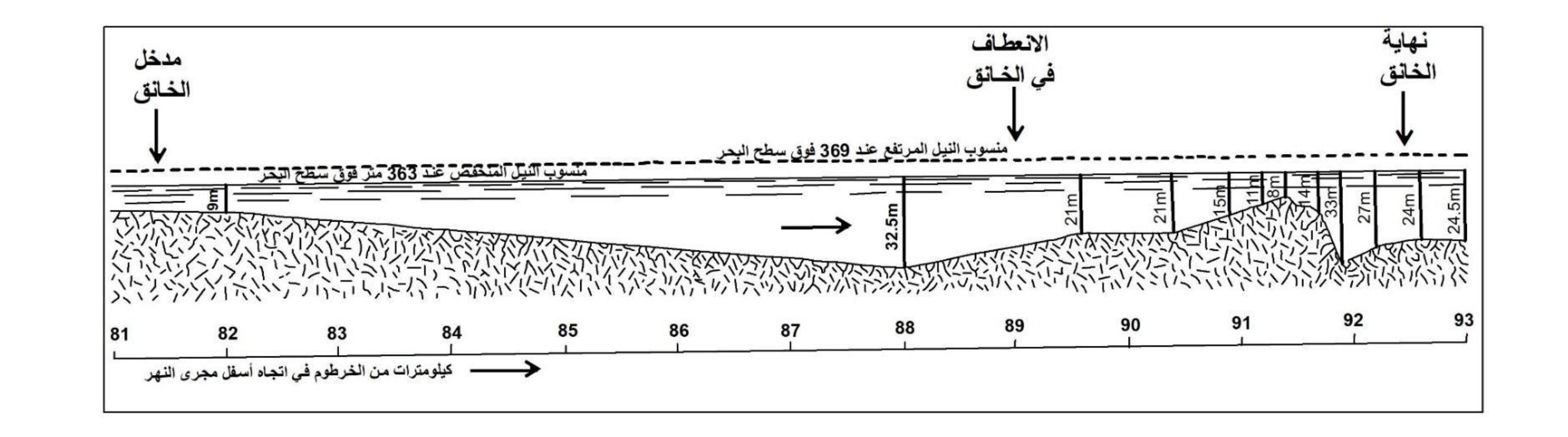
يمتد الجندل السادس أو جندل سبلوقة من وادي "راملي" – الذي يقع أسفل مجرى النهر على بعد 60 كم شمال الخرطوم – حتى يقترب من القوز الخشبي الذي يقع على بعد 60 كم أخرى شمالًا على امتداد مجرى النهر. وإذا أردنا الدقة، فإنه لا يعد جندلاً على الإطلاق، لكنه مجرد امتداد من مجرى النهر تصعب فيه الملاحة، خاصة عند انخفاض فيضان النيل، بسبب كثرة الجزر (العديد منها جزر صخرية) ووجود مساقط مائية صغيرة متناثرة. وهو يتألف من ثلاث مناطق متتالية: **منطقة جنوبية عليا** طولها حوالي 21 كم يجتاز فيها النهر إقليما مفتوحاً من وادي "راملي" حتى ما وراء نطاق جزيرة "رويان" مباشرة، و**منطقة وسطى** طولها حوالي 12 كم فيما وراء نطاق جزيرة رويان حيث يتدفق في خانق ضيق وعميق (خانق سبلوقة) عبر أرض ذات تلال منخفضة، و**منطقة شمالية سفلى** طولها 27 كم التي يجتاز فيها النهر مرة أخرى – بعد خروجه من خانق سبلوقة – إقليماً أكثر انفتاحاً حتى يقترب من القوز الخشبي. في هذه المنطقة السفلي أو الثالثة يمتلئ مجرى النهر بالجُزر، وبالتالي تظهر هنا المشاكل الرئيسية المتعلقة بالملاحة فيه.

أكثر الأجزاء لفتا للانتباه في جندل سبلوقة المعروف باسم الجندل السادس – على الرغم من أنها ليست أكثر المناطق صعوبة في الملاحة -هو بلا شك الخانق الذي يشكل المنطقة الوسطى. في شكل(23)، توجد خريطة لخانق سبلوقة وأجزاء من المناطق التي تقع أعلاه وأدناه، تعتمد في الأساس على مسح أجراه مستر فوكس من مصلحة المساحة المصرية في عام 1906. عند جزيرة رويان – حيث يوجد عليها تل مخروطي مرتفع – يتخذ النهر منعطفا حاداً نحو الشرق ويدخل إلى المضيق بعد عبوره الجزيرة مباشرة، ويضيق عرضه عند هذا المكان لنحو 400 م.

في الإحدى عشر كيلومتر من عبور النهر خلال الخانق -حيث يُحتجز بين منحدرات صخرية شاهقة ترتفع لأكثر من 100 متر على كلا جانبيه – يتباين متوسط عرض النهر ما بين 350 متر، و160 م.



خريطة 23: خريطة خانق سبلوقة – الأرقام المدونة في مجرى النهر تعبر عن المسافات بالكيلومتر علي امتداد المجري الرئيسي قياسا من الخرطوم



شكل :24 مقطع طولي عبر خانق سبلوقة يظهر الأعماق المسبورة عند انخفاض مستوى فيضان النيل .العمق 9 متر قرب مدخل الخانق مُستمد من عمق قدره 15 ، قاسه دكتور هيوم خلال ارتفاع الفيضان لعام1902 ، وعمق 6 م تم إسقاطه من الحساب لتقليله إلي العمق المكافئ لانخفاض مياه النيل بعد الفيضان، والأعماق المسبورة الأخرى قد تم قياسها مباشرة في فترة انخفاض مياه النيل، والأعماق عند مسافة 89 و 93 كم من الخرطوم قاسها مستر فوكس في1906 ، والباقي عن طريق دكتور هيرست في.1915 مدخل الخانق – الانعطاف في الخانق – نهاية الخانق – منسوب النيل المنخفض عند 363 متر فوق سطح البحر – منسوب النيل المرتفع عند 369 فوق سطح البحر .كيلومترات من الخرطوم في اتجاه أسفل مجرى النهر.

عند حوالي 7 كم من دخول النيل للخانق، يتخذ الخانق انعطافا حادا للشَّمال، ويستمر في هذا الاتجاه للأربعة كيلومترات المتبقية من طوله حتى فتحته على الجانب الشمالي من الأرض التليّة. وعند خروج مجرى النهر من الخانق، يتسع من جديد ويدخل إلى المنطقة السفلى من الجندل المليئة بالجزر المتناثرة. وتتألف الصخور في جانبي الخانق في الأساس من الفلسيت الصلب وتكثر بها تشققات رأسية عمودية الشكل، لكن الصخور التي تتألف منها الجزر الصخرية في المناطق أعلى وأسفل الخانق تتكون في الأساس من صخور النايس والجرانيت.

إن أكثر ميزتين حول الجندل السادس أو المسمى سبلوقة هما:

أولا -الطريقة التي يشق بها النهر عبر أرض ذات تلال مرتفعة بدلا من اتخاذ ما يبدو أنه مجرى أسهل خلال المنطقة الأدنى إما إلى شرق أو غرب التلال.

ثانيا: الانحدار الطفيف جداً للنهر في مروره عبر الخانق الطويل الضيق. وبينما انحدار سطح الماء في المنطقة العليا بمسافة 21 كم فوق الخانق مقداره 300 سم المماثل لانحدار قدره 1م لكل 7000م، ويبلغ الانحدار في المنطقة السفلى لمسافة قدرها 27 كم تحتها مقداره 520 سم، والمماثل لانحدار قدره 1م لكل 5200م، أما الانخفاض في الإحدى عشر كيلومتر من طول الخانق نفسه فأقل من 40 سم، والمماثل لانحدار قدره حوالي 1م لكل 27.000م فقط، أي أن انحدار النيل في خانق سبلوقة الضيق يعد أكثر تسطحاً من انحداره حتى في أعرض مناطق مجراه عبر شمال مصر.

يُعد تدفق النهر عبر الخانق تدفقاً غير متقطع، حتى في وقت الفيضان، وهذه المساقط المائية الصغيرة الموجودة في جندل سبلوقة محصورة في مناطق الجزر المبعثرة شمال وجنوب الخانق. يبلغ منسوب مياه النهر في الخانق 369 متر فوق مستوى سطح البحر في مرحلة الفيضان، وحوالي 363 متر في مرحلة التحاريق. وتبلغ سرعة التدفق عبر الخانق حوالي 8 كم في الساعة وقت الفيضان، وحوالي 1 كم في الساعة أثناء التحاريق.

إن تسطُّح انحدار النهر في المضيق يدلنا في الحال على أن العمق لا بد أنه هائل جداً، وهذا تؤكده الأعماق المتعددة التي جرى قياسها في الخانق، كما تظهر في القطاع الطولي في شكل؟ سيلاحظ أنه بينما يبلغ مقدار عمق المياه في الخانق حوالي 20 م أثناء

مرحلة انخفاض النيل بعد الفيضان، أو 26 متر أثناء الفيضان، فإن العمق يتباين بشكل كبير في أجزاء مختلفة، وأن أصغر عمق يقع على بعد حوالي كيلو مترين من انحناءة الخانق أسفل مجرى النهر، بينما تتراوح الأعماق قرب منتصف ونهاية الخانق بين 32 و33 متر عند انخفاض النيل، توازيها 38 و39 مترا في مرحلة الفيضان. من المثير للاهتمام أن نقارن بين هذه الفتحات الموضعية من المجرى مع نفس تلك الفتحات المتساوية في الحجم أسفل الجندل الأول (جندل أسوان)، المذكور في وصف ذلك الجندل الذي نشرتُه في عام 1907[8].

من الواضح أن خانق سبلوقة قد تكوَّن عن طريق النحت، وعلى الرغم من أن النهر يتدفق خلاله بشكل انسيابي غير متقطع في الوقت الحالي، فإن شكل قاعه والخصائص الجيولوجية للصخور التي شُقت فيه، تدع قليلا من الشك أنه على أقل تقدير لا بد أن شلالًا مائيًا واحدًا على الأقل وذو ارتفاع كبير قد تشكل هنا، قبل أن يختفي بفعل النحت للنهر.

حتى في الوقت الحالي لا بد أن النيل يعمق مجراه في الخانق، حيث أنه -بصرف النظر عن قوة التحات للمياه المحملة بالغرين البالغة 76 ألف مليون طن والتي تمر سنويا عبر الخانق – فإن الفواصل العمودية للصخر الفلسيتي المستعد للتفكك إلى قطع غير كبيرة الحجم، وتلك - لكونها سهلة التحريك بواسطة النهر أثناء الفيضان – لا بد أنها تساعد الغرين في طحن وتفتيت القاع الصخري للخانق.

ولأن مستوى النيل في الخانق أثناء التحاريق يبلغ حوالي 363م فوق مستوى سطح البحر، ولكوْن العمق من مستوى النيل وقت التحاريق حتى القاع الصخري في المجرى الواقع في منتصف المسافة عند أكثر النقاط ضحالة - حيث هناك الآن حاجز صخري منغمر تحت الماء - يبلغ 8 أمتار؛ فإن المستوى الحالي لقمة هذا الحاجز الصخري المنغمر هو 355 مترا فوق سطح البحر.

لكن قبل أن يصل التحات أسفل المجرى لمستواه الحالي، فلا بد أن ذلك الحاجز كان في الماضي عالياً بما فيه الكفاية ليصير بمثابة جندل، وبالمزيد من العودة الى الماضي، قد يبدو أكيدا من الناحية العملية أن الحاجز لا بد أنه كان أعلى من مستواه الحالي لنحو 45 م أو يزيد، ذلك الارتفاع الذي سيجعله يمنع أي تدفق من بحيرة تقع جنوبه مستواها 400 م فوق سطح البحر. ستُمنع مياه النيلين الأبيض

والأزرق حينئذ من الدخول للجزء السفلي من وادي النيل الحالي، وسيكون نهر عطبرة هو النهر الوحيد الذي ستجتاز مياهه مصر وصولاً للبحر المتوسط. إن الحقيقة في أن اتجاهات الأودية المذكورة أخيراً التي تدخل الجزء العلوي من خانق سبلوقة والتي تقع الآن أعلي مجري النهر بدلاً من أسفله (انظر الخريطة بشكل23) تشير بوضوح أنه في العصور السالفة كان هناك مجريان للنهر تغذيهما مياه الأمطار المحلية، وكانا يصرفان مياههما في الاتجاهات العكسية من تلال سبلوقة، أحدهما جنوبا نحو بحيرة السُد، والآخر شمالا على امتداد ما يسمى الآن بمجرى النيل الرئيسي ليتصل بعطبرة، كما هو موضح على خريطة بحيرة السُد بشكل(22).

إن تأثيرات هطول الأمطار المحلية والنحت العكسي لهذين المجريين المائيين سيسببان بالتالي انخفاضاً تدريجا للأرض الفاصلة بينهما، وسيعملان في نهاية المطاف على انخفاض ارتفاعها بما يمكن نهر عطبرة من أن يستحوذ على مياه البحيرة، والتي كان مستواها لمدة طويلة يرتفع تدريجياً نتيجة لتراكم الغرين فيها، حتى إن لم تكن في تلك الفترة قد تعرضت لارتفاع مفاجئ بدخول المياه إليها من بحيرة فيكتوريا. وبمجرد أن بدأ ازدياد التدفق من بحيرة السُد إلى نهر عطبرة، تزداد كمية المياه فيه، وكنتيجة للنحت السريع الناتج عن إضافة المياه الداخلة إلى المياه الأصلية الموجودة في المجرى، فسينخفض تدريجيا مستوي البحيرة، وسينشأ النظام النهري المشترك الحالي.

متى حدث اندفاع مياه البحيرة ؟

فيما يتعلق بالفترة الزمنية الماضية التي حدث فيها اندفاع أو سريان مياه البحيرة، فمن المرجح أن ذلك يتزامن مع بداية العصر السبيلي. ولأننا قد نفترض على نحو صائب أن التحات لأسفل مجرى النهر عند الحاجز الفلسيتي السابق عند سبلوقة كان سريعا بمثل سرعة النحت عند الحاجز الصخري المؤلف من صخور النيَّس قرب سِمنا. فمن المعروف - كما ذكرنا سابقا- أن منسوب حاجز سِمنا انخفض إلى 8 أمتار في الـ 3800 عام الماضية، واستغرق انخفاض حاجز سبلوقة لحوالي 45 متر (بنفس المعدل) حوالي 21.000عام، وسيجعلنا هذا نضع تاريخ بداية تدفق الماء من البحيرة في ترتيب زمني ممكن يوافق العصر السبيلي المبكر.

خلال الفترة التي تلت مباشرة اندفاع أو تدفق الماء من البحيرة، لم تكن هناك زيادة هائلة في حجم الماء المار لأسفل مجرى النهر عبر منطقة الجنادل داخلا إلى مصر فقط، بل كانت هناك أيضا زيادة هائلة جداً في محتوى الغرين النسبي في المياه.

علينا فقط أن ننظر في خريطة بحيرة السُد المفترضة في شكل (22) الذي يبين أن نهايتها الشمالية كانت بكل الاحتمالات مليئة بالغرين، جزئياً بفتات الصخور المحمول إليها عن طريق النيل الأزرق، وجزئياً بالترسبات الدلتاوية التي شكلتها المجاري المائية التي تصرف مياهها في البحيرة القادمة من تلال سبلوقة. وعندما بدأ التدفق الزائد من البحيرة، فإن هذه الترسبات الطميية المتراكمة حملتها التيارات بشكل سريع ونقلها التيار الداخل، وترسبت على مسافة أبعد أسفل مجرى النهر، حيث تنخفض السرعة بشكل كاف عن طريق زيادة التدفق اللاحقة من الوادي، على سبيل المثال شمال جندل وادي حلفا (الجندل الثاني) أثبت دكتور ساندفورد ودكتور أركيل أنه كان خانقا يعمل بكامل طاقته في الفترة التي ترسبت فيها هناك المستويات العالية من الغرين.

وبذلك، فقد تم تفسير أصل كل من غرين العصر السبيلي الباكر والسبب في ترسبه السريع في صعيد مصر.

إن هذا الغرين يمثل في الحقيقة رواسب تراكمت عبر فترة طويلة من الزمن بشكل تدريجي في الجزء الشمالي من بحيرة السُد. كان انتقال هذا الغرين ثم ترسبه في القطاع المصري من وادي النيل راجع إلى تدفق مياه بحيرة السُد وتصريف مياهها نحو الشمال جالبة معها مياه البحيرة بالإضافة إلى مياه النيل الأبيض والنيل الأزرق ودمج ذلك كله في النظام النيلي الموحد.

بعد اختفاء رواسب البحيرة بانتقالها شمالًا تضاءلت بالطبع حمولة مياه النهر من الرواسب العالقة، ومن المحتمل أن الإرساب في مصر العليا حل محله النحت، لكن كمية الغرين التي يحملها النهر ظلت أكبر بكثير عما كانت عليه قبل أن يحدث التغير في النظام النهري، بسبب الإمدادات التي تُحمل سنويا الآن إلى مجرى النيل الرئيسي بفضل النيل الأزرق.

ولابد أنه قبل اتصال النيل الأبيض والنيل الأزرق بالنظام النيلي، كان الغرين لا يُحمل سنويا إليه عن طريق عطبرة، لكن كميات الغرين الذي كان يجلبها نهر عطبرة سنويا من المحتمل أنها كانت أقل من نصف الكمية التي صارت تدخل سنوياً إلى النهر بعد أن اتصل به النيل الأزرق. وكما سأبين في الفصل السابع فإن إرساب طمي النيل الأصلي (أي تراكم مفتتات شديدة النعومة بدون وجود أدني قدر من خليط الرمال الخشنة) لم يبدأ حتى فترة طويلة لاحقة، وهو ظرفٌ يسهُل تعليله عندما نفكر في أنه ليس فقط التدفق الزائد لمياه النيل عبر مصر قد جاء بعد أسر مياه النيلين الأزرق والأبيض، اعتقادًا بأن الكثير من المواد التي رسبت من قبل واشتُقت من عطبرة قد نُظفت وجُليت ثم حُملت بعيداً حتى البحر، لكن فعل الإجلاء هذا سيزداد شدة فيما بعد عن طريق الانحدار المتزايد كنتيجة طبيعية للانخفاض العظيم في المستوي النسبي للبحر المتوسط الشرقي الذي حدث في العصور السبيلية المتأخرة (راجع الفصل السابق).

ولم يبدأ انحدار النهر مرة أخرى في التسطح مع الزيادة اللاحقة في المنسوب النسبي للبحر إلا في الفترة الانتقالية بين العصر السبيلي المتأخر والعصر الحجري الحديث. وحتى بداية العصر الحجري الحديث تقريبا لم يكن انحدار النهر في قطاعه الأدنى قد أصبح مسطحا بما يكفي ليسمح بإرساب المواد شديدة النعومة على السهول الفيضية المصرية. ويبدو من الوهلة الأولى صعوبة قبول الرأي السابق الخاص بأن نهر عطبرة مسؤول بمفرده عن تكوين المجرى الرئيسي لنهر النيل، حيث يبدو مستحيلا أن نهراً أقل حجماً من نهر النيل الحالي قد شق بنفسه وادياً شديد العمق وشديد الاتساع بمثل ما يشغله نهر النيل فعلياً من إدفو فيما بعدها.

لكن يجب علينا تذكُّر أن التحات الرئيسي لهذا الوادي العظيم قد حدث في عصر الميوسين عندما كان النظام النهري العلوي مختلفاً كليةً عن ذلك النظام النهري الحالي وكان سقوط الأمطار في مصر أكثر غزارة. علينا فقط أن ننظر إلى وادٍ ذي روافد – مثل وادي قنا – القابل للمقارنة في عمقه واتساعه مع وادي النيل نفسه، لكي يقنعنا بهذا الرأي.

حتى في عصر البلايستوسين كان هطول الأمطار بلا شك أغزر بكثير من العصر الحالي، ولا يبدو من الصعب أن نتصور أن كل التحات الذي حدث في الجزء المصري

من وادي النيل خلال عصر البلايستوسين كما سبّبه نهر ينبع من نهر عطبرة وتغذيه مجارٍ مائية ظهرت لاحقا، يعد أكثر صعوبة من التصور أن ذلك التحات الذي حدث في الأودية الكبرى ذات الروافد في الصحراء الشرقية قد تم عن طريق المجاري المائية التي قد نشأت في تلال لا تبعد عن مصباتها في النيل سوى بضع مئات من الكيلومترات.

هوامش الفصل

---

(1) Lombardini (E.) ,"Essai sur l'Hydrologie du Nil" , Paris and Milan ,1865,pp.40,41.

(2) Wilcocks (Sir.W.)," The Nile in 1904" ,London ,1904,.p.38.

(3) Lawson (A.C.) ," The valley of the Nile " , University of California chronicles ,Vol.29 (1927), p.258.

(4) Lyson (Sir H.G.) , "Physiography of the River Nile and its Basin " , Cairo, 1906, pp.141-143.

(5) Hurst (H.E.), "The sudd Region of the Nile" , journal of the Royal society of Arts ,Vol.81 (1933), p.730.

(6) Hurst (H.E.) and Phillips (p.) , (" The Nile Basin " ,vol.1 ,Cairo,1931,p.60)

يشير الباحثان في هذا المقال إلى أن معدل التبخر اليومي في السنة من سطح مائي مفتوح عند مونجالا ومالاكال والخرطوم هو 3.0 و4.5 و7.54 على الترتيب، ومتوسطها الكلي هو 5 مم.

عبر مستر ويلاند مدير ادارة المساحة الجيولوجية بأوغندا عن رأيه أن هذا التبديل قد حدث تقريبا عند نهاية العصر الموستيري.

(see Quarterly Journal of the Geological society ,London ,LXXXV,(1920) , P.547).[7]

[8] Ball (J.) " A Description of the First or Aswan Cataract of the Nile " , Cairo , 1907, p.107.

الفصل الخامس:

حمولة مياه النيل من المواد الصلبة المذابة

تتباين بشكل كبير نسب المواد المذابة في مياه النيل حسب الفصل السنوي. إذ عادةً تكون أكبر بمقدر الضعف عندما يكون تدفق المياه ضعيفا في الصيف، وأقل في فصل الخريف عندما يكون الفيضان كبيرا. ولا تعتبر النسبة المتزايدة من المادة المذابة في الصيف نتيجة للتبخر وللتركيز، بل لأن الماء الذي دخل إلى التربة على كلا جانبي النيل خلال موسم الفيضان يعود إلى النهر في مرحلة التحاريق حاملًا معه من السهل الفيضي المواد الزائدة التي ذابت فيه.

هناك أيضاً اختلافات في نسب المادة الصلبة المذابة المحمولة أثناء الفصول المتماثلة في سنوات مختلفة، ويرجع ذلك إلى التغير في معدل سقوط الأمطار علي الحبشة وهضبة البحيرات الاستوائية.

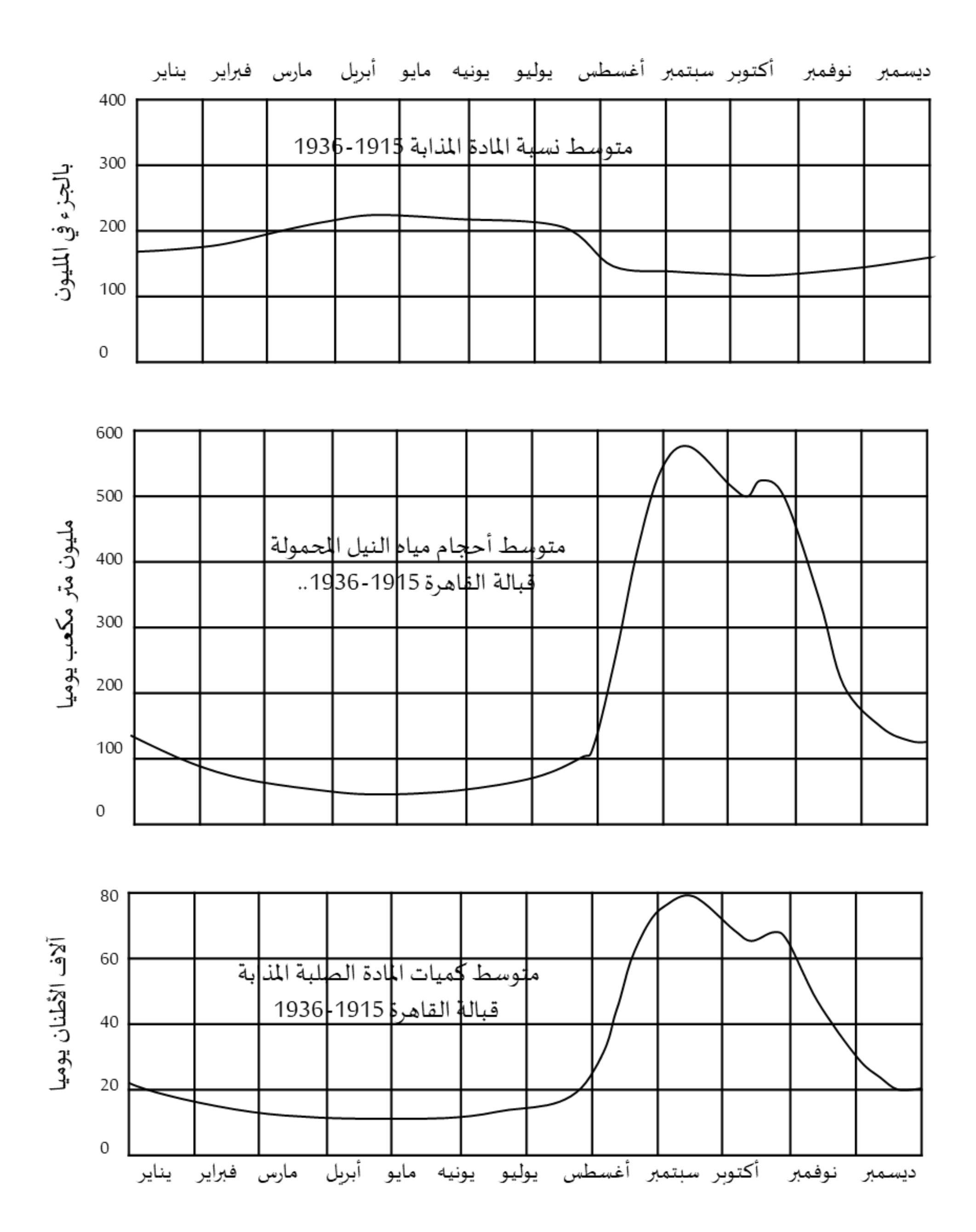
وبالإضافة إلى هذه التغيرات الموسمية والسنوية الناتجة عن أسباب طبيعية بحتة، فإن نسب المواد الصلبة المذابة في النيل في أي مكان بمصر-في أي موسم بخلاف موسم الفيضان – لا بد أنها قد تأثرت إلى حد طفيف خلال الخمس وثلاثين سنة الأخيرة مع ازدياد درجة التحكم الاصطناعي التي خضع لها النهر.

فعلى سبيل المثال، نلاحظ أن المياه التي تمر بالقاهرة خلال أشهر أبريل ومايو ويونيو ويوليو لم تعد تتدفق الآن بالمعدل الطبيعي لجريان النهر، وصارت تحتوي على كميات إضافية من المياه أُطلقت من المخزون المحتجز وراء خزان أسوان. وبسبب هذه الزيادة الصناعية وقت التحاريق، وكذلك بسبب حجز قناطر الدلتا لمنسوب الماء الصيفي، فإن الفارق عند القاهرة بين منسوب مياه النيل وقت التحاريق ومنسوبها وقت الفيضان يصل الآن لحوالي 4,5 مترا فقط، وذلك بعدما كان الفارق بينهما 7 أمتار في الماضي.

ونجد في جدول(6) ملخصا لنتائج التقديرات الحسابية الرئيسية لنسب المادة الصلبة الكلية المذابة في النيل عند القاهرة. ويتضح من الجدول أنه رغم أن نسبة المواد المذابة في مياه النيل تكون أقل ما يمكن خلال موسم الفيضان، إلا أن الكمية الإجمالية اليومية من المادة الصلبة المذابة التي يحملها النهر أكبر بكثير في ذلك الموسم مقارنة بنسبتها خلال بقية العام، وذلك بسبب كمية المياه التي يحملها النهر خلال موسم الفيضان.

ويتضح ذلك في جدول (7)، إذ يمدنا العمود الأول بمتوسط أحجام المياه بالمليون متر مكعب التي تمر على القاهرة يوميا خلال فترة الاثنين وعشرين عاما 1915- 1936. ويمدنا العمود الثاني بمتوسط النسب التقريبية لإجمالي المواد الصلبة – بالأجزاء في المليون – في النيل عند القاهرة خلال نفس الفترة، وفي العمود الثالث (الذي تم الحصول على الأرقام الموجودة فيه عن طريق ضرب الأرقام الموجودة في العمودين السابقين) متوسط الكميات اليومية للمواد الصلبة المذابة المارة أمام القاهرة.

كما تعرض المنحنيات في شكل (25) مسارات التغيرات خلال إحدى سنوات تلك الفترة. ومنها يتضح كيف تنوعت كمية المواد الصلبة المذابة المنقولة بدءً من حد أدنى يبلغ حوالي 10 آلاف طن في اليوم في أبريل ومايو إلى حد أقصى يبلغ حوالي 76 ألف طن في اليوم في سبتمبر، وتبلغ المتوسطات لأشهر الفيضان (أغسطس-نوفمبر) حوالي 59,300 طن/يوم ولبقية السنة 14,300 طن/يوم ، ويبلغ المتوسط العام للسنة حوالي 29,300 طن يوميا، وذلك يعادل إجمالي سنوي بمقدار 10.7 مليون طن.



شكل25: منحنيات بيانية تبين نسب المادة الصلبة المذابة التي يحتويها النيل عند القاهرة، وكمية المياه التي يصرفها النهر، وكميات المادة الصلبة المذابة المحمولة قبالة القاهرة علي مدار سنة وسيطة من الفترة 1915-1936. (الارتفاع الذي يحدث في تصريف النهر عند القاهرة في أكتوبر سببه تفريغ حياض الري بصعيد مصر).

تركيب المادة المذابة

شغلت المادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة اهتمام العديد من الكيميائيين، وفي غضون الستين عاماً الماضية أُجريَت المئات من التحليلات من أجل التأكد من طبيعة ونسب العناصر العديدة التي تتكون منها هذه المواد الصلبة المذابة وتباينها عبر الفصول المختلفة من السنة. لكن معظم هذه التحليلات كانت بعيدة عن الكمال، وعلى الرغم من أن النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق العديد من الكيميائيين في فصول متماثلة من العام تُظهر درجة معتدلة من التوافق لبعض العناصر الأساسية؛ فإنها تتباين فيما يختص بعناصر أخرى، وذلك بسبب الطريقة الخاطئة في أخذ العينات في بعض الحالات، وبسبب استخدام طرق تحليلية غير دقيقة في حالات أخرى.

وللحصول على معرفة دقيقة بقدر الإمكان عن النسب الصحيحة للمواد المتعددة التي تتكون منها المادة المذابة عند فصول مختلفة من السنة، سيكون بالتالي من المستحسن أن ندرس بشكل نقدي التحليلات الأساسية التي أجريت على فترات متعددة، ونطرح جانبا كل الحسابات التي اتضح لنا أنها غير موثوق بها.

إن أول تحليل منشور عن مياه النيل الذي استطعت التقصي عنه هو تحليل شديد الدقة وشبه كامل أجراه دكتور أوتّو بوب في عام 1870[1] .

. أُخذت العينة التي تم تحليلها من النهر عند نقطة تقع في حدود 10 كم داخل نيل القاهرة، قريبة من قصر الأمير سعيد حليم، وأُجري التحليل في مكان أخذ العينة بالمعمل الخاص بالأمير، والذي وُضع تحت تصرف بوب من أجل هذا الغرض. لم يتم تحديد التاريخ الذي أُخذت فيه تلك العينة، ولكن هناك احتمال أن ذلك كان في أحد أيام شهر أغسطس أو سبتمبر عام 1870. تُركت العينة لمدة يومين من أجل ترسب المادة العالقة، ثم جرى ترشيحها. كان الماء المترشح لا يزال لونه براقا، ولم يختفِ لونه حتى بعد إعادة ترشيحه.

وجد بوب أنه لو ترك الماء المفلتر على حاله كما هو لمدة أطول، فإن الشوائب كانت تترسب منه فيما بعد، وهي تتكون من حمض سيليكي مخلوط بمادة عضوية وبعض أملاح الكالسيوم والمغنسيوم، ولذلك فقد رأى أن مياه النيل - كسائل – تخضع لتحلل مستمر. وقد أرجع أن ذلك مسؤول – بفضل قوة امتصاص التربة للمواد المذابة – عن الخصوبةَ الكبيرة للأرض التي ظلت المياه عليها لفترة طويلة في كل فيضان سنوي[2].

تعرض الماء المفلتر الذي خُصص للتحليل للتبخر في أحواض بلاستيكية على حمام مائي ساخن، وجف تماما عند درجة حرارة 100 درجة مئوية. تبخرت عشرة لترات من الماء بهذه الطريقة ونتج عنها مخلفات صلبة وزنها 1.431 جم، وخمسة لترات إضافية تم التعامل معها بنفس الطريقة خلفت شوائب صلبة وزنها 0.7045جم، ومن ثم فإن متوسط المياه المفلترة قد احتوى على مكونات صلبة قدرها 142 جزء في المليون. في جدول (8) نرى نسب المواد المتعددة الموجودة في البقايا الصلبة بعد حسابها بناءً على الأرقام التي سجلها بوب.

بالإضافة الى المكونات المذكورة بالأعلى، وجد بوب كمية ضئيلة من حمض النيتريك وكذلك آثاراً ضئيلة من الزرنيخ. وبخلاف ذكره أن آثار الزرنيخ قد كشفها فقط اختبار مارش؛ لم يصف بوب طرق التحليل التي استخدمها، ولكنه يذكر فقط أنها كانت الطرق الاعتيادية التي كان استخدامها شائعاً في ذلك الوقت. وفي اعتقادي، أنه من الأكيد عملياً أن كل حساباته – ماعدا تلك الخاصة بالكلورين – قد تمت بطريقة قياس الثقل النوعي. وبهذا الخصوص فإن نسبة حمض الكربونيك التي وجدها بوب تعد ذات أهمية خاصة، حيث إنها تمثل التقدير الكمي الوحيد الموثوق المنشور في بحث علمي حتى اليوم عن هذا المكوّن من مياه النيل.

وعموماً، قدّر الباحثون الذين جاءوا لاحقا نسبة أملاح الكربونات إما بطريقة الفرز أو بطريقة مقياس القلوية، ومن المعروف الآن أن هذه الطريقة غير قادرة على الخروج بنتائج صحيحة في حالة تطبيقها علي مياه النيل، بسبب التضارب الناتج عن تأثير السيليكات المنحلة. ومع ذلك، فإن نسبة "المادة العضوية وأملاح الأمونيوم" التي قاسها بوب تبدو شديدة الارتفاع. في الواقع، يمثل الرقم الذي توصل إليه بخصوص النسب المشتركة لهذين المكوّنين بلا شك فقدان الوزن عند تعرضهما لاشتعال خفيف، وهذا الفقدان في الوزن معروف الآن على نطاق واسع أنه نتيجة تبخر المحتوى المائي الموجود مع ثاني أكسيد الكربون من الجزء المعدني من بقايا العينة. وبفحص التحليلات الأخيرة، نكتشف أن النسبة الصحيحة للمادة العضوية في العينة التي حللها بوب ربما كانت حوالي 1% فقط، وتلك الخاصة بأملاح الأمونيوم كانت حوالي كسر مئوي من 1% فقط، وذلك من إجمالي المواد الصلبة المذابة.

وقد أُجريت لاحقا سلسة من التحليلات بطريقة أقل تفصيلا، لكنها تغطي فترة 12 شهراً متتالية في عامي 1874- 1875على يد دكتور ليتيبي([3])، الذي قام في لندن بفحص البقايا الناتجة عند تبخر عينات مياه أخذها السير جون فاولر من نيل القاهرة على فترات شهرية بدءا من يونيو 1874 حتى 13 مايو 1875 ويبينها جدول(9)

وبالإضافة إلى نسب العناصر التي حددها دكتور ليتيبي، سجلت آثار ضئيلة للحمض الفوسفوري والنيترات في كل العينات التي فحصها.

بلا شك اتبع ليتيبي في تقديره لنسب المواد العضوية نفس الإجراء الذي استخدمه بوب من قبل، أي استعمال إشعال خفيف للبقايا الجافة الناتجة عن التبخير، ولذلك فإن أرقامه الخاصة بالمواد العضوية تشمل أيضاً الماء المركب وبعضاً من ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي فهي أكثر من أن تقتصر على المادة العضوية فقط.

وفيما يتعلق بالعناصر الأخرى التي تضمنتها تحليلاته، لا شك أن أرقام ليتيبي بخصوصها صحيحة تماما من العينات التي حللها، ولكن من غير الموثوق به قبول أنها بيان صحيح لتركيبة ماء النهر في الوقت الحالي، ليس فقط لأنه من الراجح أن تغيرات قد حدثت في التركيبة خلال الفترات الزمنية الهائلة التي انقضت بين العينات التي أُخذت من النهر وتحليلها في لندن فيما بعد، ولكن لا بد أن يكون هناك بعض الشك بخصوص دقة تسجيل المكان الذي أُخذت منه العينات وما إذا كان قريباً من مكان يحدث فيه

تدفق لمياه الصرف إلى النهر، وفي تلك الحالة بالطبع فإن العينات لا يمكن أن تكون ممثلة لمياه النهر على نحو مقبول، حتي في الوقت الذي أُخذت فيه[4].

ثم أُجريت سلسلة أخرى من التحليلات على مدار اثنى عشر شهرًا للمادة المذابة الموجودة في النيل عند القاهرة في عام 1906، و في معمل الجمعية الزراعية الخديوية على يد "بيرنس"[5]، والتي يعرضها جدول (10)

كانت الطرق التحليلية التي استخدمها بيرنس هي نفس الطرق التي استخدمها قبله ليتيبي، وبالتالي فإن تقديراته لنسب المادة العضوية وقتها كانت شديدة الارتفاع. لكن فيما يتعلق بنسب العناصر الأخرى، فإن نتائجه موثوق بها بدرجة أكبر من نتائج ليتيبي، لأن النتائج قد جمعها بيرنس نفسه من وسط مجرى النهر عند جسر الروضة، وحللها هو بنفسه عند مكان أخذ العينة تقريباً. سيلاحظ أن النسب التي وجدها بيرنس للصوديوم والسليكات كانت على نحو منظوم أعلى من ليتيبي، وكانت نسب البوتاسيوم والحمض الكبريتي أقل بكثير من نسب ليتيبي لنفس المواد.

هناك تحليلات جزئية لمياه النيل عند القاهرة من أجل تحديد نسب الكلورين وحامض النيتريك والمادة العضوية المذابة، أجراها مستر لوكاس [6] في معامل مصلحة المساحة على فترات أسبوعية عبر السنوات الثلاثة 1905- 1907، أُخذت العينات من الماء عن طريق مضخات من النهر بمحطة مياه الجيزة. قُدرت في هذه التحليلات للمرة الأولي نسب المواد العضوية بواسطة طريقة الاحتراق الرطب، أي عن طريق ملاحظة كمية الأوكسجين المطلوبة لأكسدة المادة العضوية الموجودة[7]. وبأخذ وزن المادة العضوية المعادِلة لوزن الأكسجين الممتص، فقد عبَّر لوكاس عن نتائجه بالنسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة على النحو الذي يضمه جدول (11).

ويلاحَظ أن نسب المواد العضوية التي كشفها لوكاس أصغر بمقدار 10 مرات تقريبا من النسب التي قدرها المحللون السابقون، وقد لا يكون هناك شك في أن مرد ذلك الاختلاف الكبير أن المحللين السابقين قد أخفقوا في فصل المادة العضوية عن الماء المركب وغيره الموجود في المادة المعدنية.

وبالإضافة إلى عمل تقديرات الكلورين وحمض النيتريك والمادة العضوية، حدد لوكاس بين الحين والآخر نسب بعض العناصر الأخرى من المادة العضوية المذابة في الماء، وتُعد ثلاثة من هذه التحليلات ذات أهمية كبيرة لأنها – باستثناء تحديد نسبة الحديد في عام 1870 الذي أجراه بوب فقط – تعد التقديرات الوحيدة التي تمت حتى تلك الفترة لنسب الحديد وأكسيد الألومنيوم التي تحتويها مياه النيل. ويعبر جدول (12) عن ذلك.

وجد لوكاس كذلك آثارا للمنجنيز في مياه النيل، على الرغم من أنه غير قابل للكشف عنه إلا بالتقصي المعملي الدقيق [8].

أُجريت سلسلة من التحليلات الجزئية الشهرية لمياه النيل عند القاهرة، لفترة زمنية امتدت لأكثر من 12 عاما، ما بين يناير 1915 ويوليو 1927، على يد دكتور تود ودكتور أزاديان في معامل وزارة الصحة العمومية، ونُشرت نتائج تلك التحليلات في عام 1920، 1930. [9].

في تلك التحليلات - التي أُجريت علي عينات جُمعت من عمق يصل لنحو نصف متر في وسط مجرى النيل عند الجيزة - كانت العناصر التي جرى تقدير نسبها هي: الكالسيوم، المغنسيوم، الكلوريد، حمض الكبريتيك، السليكا، مادة عضوية جرى تقدير نسبتها بعملية الاحتراق الرطب بنفس الطريقة التي أجراها لوكاس من قبل. وقد جرى اختبار حمض النيتريك بالطريقة الاعتيادية – ولكن تم الكشف عنه في حالات نادرة – وبكميات ضئيلة جدا. وكذلك جرى تحديد قلوية المياه بالطريقة الاعتيادية للميثايل البرتقالي، وقد اعتقد في الفترة التي جرت فيها هذه التحليلات أنها ستمدنا بنسب حامض الكربونيك الموجود ككربونات وبيكربونات ذائبة، لكننا نعلم أن هذا كان خطأً، فإن جزءاً صغيراً فقط من قلوية مياه النيل قد يُعزى في الواقع إلى البيكربونات والكربونات المنحلة، وبقيتها يعزى الى السيليكات المذابة.

يوضح جدول (13) المتوسط الشهري للنسب المئوية للعناصر الكيميائية المختلفة من المادة الصلبة المذابة خلال 12 سنة في الفترة من 1915-1926، وفقما حُسبت من النتائج المنشورة، بعد تصحيح الأخطاء المطبعية الواردة في اللغة الفرنسية من تقرير دكتور أزاديان بالاستعانة بنسخة الإصدار باللغة العربية، وأُخذ وزن المادة العضوية بناءً على حساب وزن الأكسجين المستهلك في أكسدتها.

ويلاحَظ أن نسب الكلورين والمادة العضوية التي وجدها دكتور تود ودكتور أزاديان تتفق مع تلك النسب التي وجدها لوكاس لهذين العنصرين، بينما النسب التي تم الكشف عنها لحمض الكبريتيك والسليكا تتوافق تقريباً بنسبة أكبر مع نتائج تحليل بوب لعام 1870 وتحليلات بيرنز لعام 1906، مقارنةً مع نتائج ليتيبي لعام 1874- 1875.

وعلي الرغم من أن كربونات المادة المذابة تتخذ جميعها بالطبع صورة الكربونات العادية في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير، فهي في الغالب تكون كربونات مذابة في الماء نفسه، وفي الحقيقة كان هناك اعتقاد لأمد طويل أن كل الكربونات الموجودة في الماء كانت على صورة بيكربونات.

لكن في يونيو عام 1923 لاحظ السيد ألاجيم – وهو كيميائي في وزارة الزراعة – أن الماء في النهر في ذلك الوقت كان بلا جدال قلويا للفينولفيثالين، واتضح أن جزءا من الكربونات قد وُجد مذاباً في الماء على صورة كربونات عادية. ولأن هذه الحقيقة استرعت انتباهه، فقد قام بعمل سلسة من الملاحظات امتدت من عام 1924 حتى 1925، بهدف تحديد نسب الكربونات الموجودة في صورة كربونات عادية وبيكربونات عادية علي الترتيب في فصول مختلفة من السنة [10]. أخذ ألاجيم عينات من الماء لتحليلها مرة كل أسبوع على الأقل من عمق مترين في وسط النيل على الجهة القبلية من جسر الروضة بالقاهرة، وقد قدَّر نسب حمض الكربونيك في تلك العينات ككربونات وبيكربونات عن طريق معايرة كبريتات حمض البوتاسيوم إلى الفينولفيثالين وإلى الميثايل البرتقالي علي الترتيب، ويعرض جدول(14) نتائج هذه التحليلات معبراً عنها بمتوسط النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة شهريا.

أُجريت سلسة مشابهة أخرى من التقديرات الأسبوعية لنسب الكربونات والبيكربونات في حامض الكربونيك بشكل مستقل بنفس طريقة المعايرة الكيمائية، على يد الراحل مستر فيكتور موصيري[11] في الفترة ما بين منتصف أبريل ونهاية يوليو لعام 1924، وبين بداية سبتمبر 1924 ونهاية أبريل، على عينات

أُخذت من عمق مترين في تفرع لمجرى النيل في القاهرة ويعرف باسم البحر الأعمى، من عند نقطة تقع جنوب مجرى النهر بأمتار قليلة من كوبري الإنجليز(*).

مع ذلك، كما كان موصيري حريصاً على الإشارة في البحث الذي أعلن فيه النتائج السابقة للمجمع العلمي المصري، فإن الأرقام التي توصل إليها بخصوص تقدير نسبة الكربونات CO_3 بطريقة المعايرة الكيمائية لا يمكن الاعتماد عليها في معرفة النسب الصحيحة لهذا العنصر الموجود بمياه النيل، حيث أنها تتضمن أيضاً مكافئات الكربونات من الحامض السيليكي للسيليكات المذابة، والتي تنحل فيما بعد عند فصل الحامض السيليكي عند معايرته كيمائياً بالأحماض المعدنية أو بكبريتات البوتاسيوم الحمضية.

في الحقيقة، يُعتبر إجمالي الكربونات CO_3 في تحليلات كل من ألاجيم وموصيري هو بالضبط نفس التعبير "نسبة القلوية إلى الميثايل البرتقالي المعبر عنه بالكربونات" الذي استخدمه تود وأزاديان. فلقد استنتج موصيري في بحثه أنه لا يمكن البدء في مناقشة نتائج ثالث أكسيد الكربون التي حصل عليها هو وألاجيم على نحو مفيد قبل إجراء المزيد من التحليلات الكاملة (والتي كان منهمكاً فيها في ذلك الوقت)، والتي ينبغي أن تُظهر نسب السليكات وطبيعة ونسب القواعد الموجودة في المادة المذابة في فصول مختلفة من السنة.

إن التحليلات الإضافية والأكثر اكتمالا التي أشار إليها السيد موصيري قد قام بها في معمله الخاص، على عينات جُمعت من عمق مترين في النهر عند كوبرى الإنجليز وعلى فترات أسبوعية (مع القليل من فترات انقطاع قصيرة المدة) من 11 نوفمبر 1924 حتى 26يوليو 1927، وبذلك فهي تمتد لفترة تزيد عن عامين ونصف.

وقد اتضح أنه من المستحيل تقدير نسب السيليكات المذابة مباشرة، لكن التقديرات كانت تُجرى أسبوعياً لإجمالي السيليكات ولإجمالي حامض الكربونيك في البقايا الجافة بطريقة قياس الثقل النوعي (حامض الكربونيك بمعالجة البقايا الجافة بالحمض وامتصاص ووزن ثاني أكسيد الكربون الناتج)، وكذلك لثالث أكسيد الكربون الموجود في صورة كربونات وبيكربونات على الترتيب في الماء نفسه بواسطة طريقة المعايرة الكيميائية، وذلك بالإضافة إلى تحليلات كاملة للمادة المذابة في العينات التي كانت تجمع في الأسبوع الأول من كل شهر.

ولسوء الحظ مرض مستر موصيري وتوفي قبل أن يكمل أبحاثه، ولم يترك أي بيان بخلاف السجلات والأرقام التحليلية المجردة المكتوبة في مفكراته المعملية المخطوطة. مع ذلك، فإن هذه المخطوطات قد وضعت تحت تصرف ابنه – مستر هنرى موصيري – من أجل الاستقصاء البحثي الحالي، ولا تظهر الدراسة الدقيقة لها المدى الذي تتداخل عنده السليكات المذابة في مياه النيل في طريقة المعايرة الكيميائية لتقدير نسب حامض الكربونيك الموجودة فقط، بل إنها أيضاً تسهم في التحقق بدرجة مقبولة من تكوين السليكات المتداخلة والنسب النسبية من السليكا الحرة والمركبة المذابة في الماء.

ويعرض جدول (15) ملخصاً لتقديرات مستر موصيري لنسب حمض الكربونيك بالطريقتين الكيميائيتين، ولإجمالي السليكا خلال الأشهر المختلفة من السنة، وكلها معبّر عنها بالنسب المئوية لإجمالي

(*) كوبري الجلاء حاليا (المترجم).

المواد الصلبة المذابة. وبالنسبة للمتوسطات الحسابية للشهور المختلفة فقد اعتمد كل منها على 12 تحليلا منفصلاً، ماعدا تلك الخاصة بشهور أغسطس (4 تحليلات) وسبتمبر (5 تحليلات) وأكتوبر (8 تحليلات) ونوفمبر (9 تحليلات).

سيلاحَظ أن نسب ثالث أكسيد الكربون التي كُشف عنها بطريقة الثقل النوعي تعد بدرجة ثابتة أقل بكثير من النسب التي كُشف عنها بطريقة المعايرة، حيث تصل نتيجة الثقل في المتوسط لأقل من أربعة أخماس ناتج طريقة المعايرة، ولأن هذه النتائج تعد بلا شك راجعةً إلى الدقة الشديدة للتقديرات بطريقة المعايرة؛ فإن الاختلافات بين النسب التي نتجت عن الطريقتين لابد أن تمثل مكافئات حامض الكربونيك للحامض السليكاتي في السليكات المذابة التي تتداخل في عملية المعايرة.

أوضحت نتائج مستر موصيري حقيقةً هامة، وهي أن السليكات المذابة في مياه النيل تشبه البيكربونات في كونها قلوية للميثايل البرتقالي ولكنها ليست كذلك للفينولفيثالين، حيث سيلاحظ أن الاختلاف بين نسب إجمالي الكربونات CO_3 - حسبما قُدرت بالطريقتين- كانت أكبر في الشهور التي كانت فيها القلوية للفينولفيثالين ضئيلة المقدار مقارنةً بالشهور التي كانت فيها كبيرة المقدار جداً.

ومن ثم، تتداخل السليكات فقط في طريقة المعايرة للبيكربونات، وبالتالي فإن نسب الكربونات الطبيعية المقدرة بطريقة المعايرة الكيمائية للفينولفيثالين تكون صحيحة، وتلك النسب الخاصة بالبيكربونات المقدرة بطريقة المعايرة للميثايل البرتقالي هي فقط الخاطئة.

لذلك، بإمكاننا أن نتحقق من نسب الكربونات CO_3 إلى البيكربونات عن طريق المعايرة بناءً على تلك النسب الكلية للكربونات الناتجة عن طريقة الثقل النوعي، ووفقاً لذلك قد نعيد كتابة نتائج مستر موصيري الخاصة بحامض الكربونيك والسليكا وفقا لجدول (16) أخذا في الاعتبار أن النسب المئوية المدرجة في الجدول تعبر عن إجمالي المواد الصلبة المذابة.

قبل أن نستطيع التحقيق من نسب الحمض السليكاتي المعادلة للمقادير المفرطة من ثالث أكسيد الكربون الناتجة عن طريق المعايرة الكيمائية، فبالطبع لا بد أولا أن تتحقق من أيون الحمض السليكاتي المحدد (مثل رابع أكسيد السيلكون Sio_4''، وثالث أكسيد السيلكون Sio_3''، أو خامس أكسيد السيلكون الثنائي''Si_2o_3) الموجود في المياه،

وعلي الرغم من أن التحليلات لا توفر لنا أية معلومات مباشرة عن تلك النقطة، فإنها تساعدنا رغم ذلك في تحديد الأيونات بشكل غير مباشر عن طريق مقارنة الكميات الزائدة من الكربونات التي كشف عنها بطريقة المعايرة في فترات معينة من السنة مع إجمالي السليكا التي كُشفت مذابة في المياه في ذلك الوقت، حيث أنه من الواضح لو أن فرضية أي أيون للحامض السليكاتي سيتطلب نسبة أكبر من السليكا المركبة مقارنةً بنسبة إجمالي السليكا المذابة، فإن أيون ذلك الحامض السليكاتي المعيّن قد يتم طرحه جانبا من البحث.

بالرجوع إلى الجدول السابق، سيلاحظ أن معدل الزيادة من ثالث أكسيد الكربون الناتج عن طريق المعايرة يصل في شهر يوليو إلى6.3 في المائة من إجمالي المادة الصلبة المذابة، وأن متوسط نسبة إجمالي ثاني أكسيد السليكا لنفس الشهر هي 3.9 في المائة.

والآن نظراً لأن الوزن المجمّع لثالث أكسيد الكربون هو 30 والمعادل 6.3 في المائة من ثالث أكسيد الكربون الزائد هو 0.210 جم من ثالث أكسيد الكربون لكل 100جم من إجمالي المواد الصلبة، وبافتراض أن الزيادة ناتجة كليا عن أن السليكات قد تم معايرتها مع البيكربونات؛ فسيكون ذلك أيضاً هو المكافئ للحامض السليكاتي الموجود.

لذلك، فإن نسبة الحامض السليكاتي سيُكشف عنها عن طريق ضرب 0.210 في الوزن المجمع للحامض السليكاتي الموجود، أي بضرب 0.210 في 23.0 أو 138.2 أو 68.3 حسب ما إذا كان أيون الحامض السليكاتي الموجود هو رابع أكسيد السليكون Sio_4 أو ثالث أكسيد السليكون Sio_3 أو خامس أكسيد السليكون الثنائي Si_2o_3 ونسبة ثاني أكسيد السليكون المجمع كسليكات عن طريق ضرب الناتج في 10.65 و0.88 و0.79 حسبما تكون الحالة، وهذه الأرقام الأخيرة تمثل كميات ثاني أكسيد السيلكون المحتواة، بوزن وحدة أيونات الحامض السليكاتي بالترتيب السابق ذكره. وعند إجراء ثلاث حسابات بديلة لشهر يوليو، كل منها يماثل كلاً من الافتراضات البديلة، فإننا سنجد أن واحداً فقط من الثلاثة - أي الذي يُفترض أن أيون الحامض السليكاتي المعين الموجود سيكون الأيون ر باعي التكافؤ Sio_4 – سيفي بشروط أن ثاني أكسيد السليكون Sio_2، المركب كيمائياً في صورة السليكات، لن يتعدى إجمالي ثاني أكسيد السليكون الناتج عن التحليل الذي أُجري في ذلك الشهر.

لذلك، غالباً ما يعد أيون الحامض السليكاتي المعين الموجود في مياه النيل في شهر يوليو هو رابع أكسيد السليكون SiO_4 (الحامض السليكاتي المشتق)، وقد نفترض على نحو صائب أن هذا أيضاً هو الوضع في الشهور الباقية من السنة، عندما تكون نسب إجمالي السليكا التي كشف عنها التحليل كبيرة جداً على أن يتم تطبيقها بطريقة التمييز السابق ذكرها. لذلك فإننا بحساب تحليلات مستر موصيري في الشهور المختلفة من العام – ستكون لدينا النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء على النحو الذي يوضحه جدول(18).

وبلا شك فإن السليكا غير المعايرة الموجودة في السليكا الحرة الرئيسية، علي الرغم من أن نسبتها قد توجد بدرجة شديدة الصغر (بالإضافة إلى كمية صغيرة من الألومنيا الموجودة) في صورة الكاولين المذاب , Al_2O_3, $2Sio_2$, $2H_2O$ حيث إن هذه المادة الأخيرة - بالرغم من أنها غير قابلة للذوبان من الناحية العملية- فقد يحتمل أنها ليست كذلك بالكليّة.

عند بداية كل شهر تقريبا خلال نفس الفترة (1924-1927)، أجرى مستر موصيري – بالإضافة إلى التقديرات الحسابية لنسب الكربونات والسليكا المذكورة بالأعلى – تحليلا أكثر اكتمالاً للبقايا الناتجة عن التبخير، متضمنًا حساب نسب الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد والكلورين وحامض الكبرتيك وحامض النيتريك وحامض الفوسفورريك. ومع ذلك، فإن حساب نسب أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد قد حُصر ضمن التحليلات التي أجريت في شهر أبريل

1925 وبعده، وتلك الحسابات لحامض النيتريك قد حُصرت ضمن التحليلات التي أجريت فيما بعد، بين شهر نوفمبر 1925 وأبريل 1926، وتلك الخاصة بحامض الفوسفوريك كانت ضمن التحليلات التي أجريت في شهر يناير 1926 وبعده.

ويمدنا جدول (19) بملخص نتائج هذه التحليلات الشهرية، والمعدلات الموجودة لأي شهر تمثل المتوسط بين نتائج بداية الشهر وعند بداية الشهر التالي له [12]. ومن أجل اكتمال النتائج فقد أضفت المتوسطات الشهرية لحامض الكربونيك والسليكا حسبما كُشف عنها بالأسلوب الموصوف سابقاً بناءً على الملاحظات الأسبوعية. وتمثل كل الأرقام النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

تعد تحليلات مستر موصيري على جانب كبير من الأهمية لأنها تمثل الحسابات الوحيدة التي أجريت حتي الآن لنسب أكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم وحمض الفوسفوريك والحامض السليكاتي الموجودة في المادة المذابة من مياه النيل في فصول مختلفة من السنة. سيلاحظ أنه بينما نسبة حامض الكربونيك تعد العليا خلال شهري يونيو ويوليو، أي في الشهور التي تسبق مرحلة الفيضان مباشرة، فإن نسب أحماض الفوسفوريك والنيتريك والسليكات تعد الأعلي خلال مرحلة الفيضان.

ثم أجريت سلسلة من التحليلات لمياه النيل عند القاهرة علي امتداد فترة عامين كاملين، على يد دكتور زيليناس [(13)]، علي فترات شهرية بدءا من يونيو 1929 حتي مايو 1931، وكانت العينات تؤخذ في يوم 15 من كل شهر من نقطة تقع علي النهر مباشرة جنوب جسر الروضة، و كانت الحسابات والتقديرات تتضمن الكالسيوم والمغنسيوم والكلورين وحامض الكبريتيك وإجمالي السليكا وإجمالي القلوية للميثايل البرتقالي. ويضم جدول (20) نتائج المتوسط الحسابي لهذه العناصر بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

أما أحدث التحليلات للمادة الصلبة المذابة في مياه النيل عند القاهرة فنجدها في سلسلة أجراها دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم، من القسم الكيميائي بوزارة الزراعة، على عينات أُخذت بانتظام من مياه النهر عند كوبري إمبابة في اليوم الأول واليوم السادس عشر من كل شهر، بدءا من 1 نوفمبر1932 حتى 1 نوفمبر 1936، وبذلك غطي فترة 4 سنوات كاملة.

ورغم أن هذه التحليلات لم تنشر نتائجها بعد لكن تكرم وأمدَّني بها دكتور ويليامسون وهي بيانات غير مكتملة بالمقارنة بتلك التحليلات الخاصة بدكتور موصيري المذكورة سابقا، ولا تزيد عن كونها فقط تقديرات نسب الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والكلورين وحامض الكبريتيك وإجمالي السليكا بالإضافة إلى ملاحظات عن قلوية المياه بالنسبة للفينولفيثالين والميثايل البرتقالي على الترتيب.

والآن، فقد حُسبت نسب الصوديوم للمرة الأولى بالطريقة التي اختُرعت حديثا والمعروفة باسم "أسيتات يورانيل الزنك uranyl zinc acetate " بدلاً من استخدام طريقة الكلوريدات المختلطة التي استُخدمت في التحليلات السابقة لمياه النيل.

يمدنا جدول (21) بملخص للنتائج التي حصلنا عليها، معبَّرا عنها بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة، وتمثل الأرقام للشهور المختلفة المعدلات المتوسطة الشهرية للأربع سنوات التي أُجريت التحليلات على امتدادها [14]:

من الجدير بالذكر أن نسب الكالسيوم التي كشفها دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم في السنوات 1933 – 1936 تعد بلا جدال من الناحية النظامية أقل – وتلك الخاصة بالمغنسيوم والكلورين وإجمالي السليكا من الناحية النظامية أعلى قليلا – من تلك النسب التي كشفها مستر موصيري في 1924 – 1927، ومن الناحية الأخرى فإن الأرقام الخاصة بالصوديوم تتفق بوضوح تام مع أرقامه في مجموعتي التحاليل، بالرغم من اختلاف الطريقة المستخدمة في حساب نسبة هذا العنصر.

لقد لخصتُ في جدول (21) نتائج كل التحليلات المختلفة التي سُردت في الصفحات السابقة، ولكني مع ذلك أهملت ذكر تقديرات نسب المادة العضوية التي قُدرت قبل عام 1905 لكونها خاطئة بالكامل. والأرقام في الأعمدة من الثاني للتاسع من الجدول تمدنا بمتوسط النسب المئوية لعناصر متعددة كشفها عدة محللين خلال الشهور الأربعة لموسم الفيضان – من أغسطس إلى نوفمبر – وخلال الثمانية أشهر المتبقية من السنة. بينما تلك الأرقام في العمود الأخير، والذي يمثل متوسطات أوزان نفس العناصر حسبما حُسبت من كل التقديرات الحسابية التي أُجريت منذ عام 1905، قد تؤخذ كبيان مقارب جداً لمتوسط النسب التقريبية لتلك العناصر الموجودة في المادة المذابة بالنيل خلال الخمسة وثلاثين عاما التي مرت بين تدشين التحكم الصناعي في النهر عام 1902 وبين اليوم الحالي.

وبخصوص تعيين الأوزان لنتائج السلسلة المتعددة من التحليلات، فقد افترضتُ أن الأوزان ستكون نسبية إلى محصلات ضرب أرقام السنوات -التي أُجريت السلسلة المتعددة من التحليلات علي امتدادها - في أرقام العينات التي جرى تحليلها في كل شهر.

سيلاحظ أن مقارنة النتائج الموضحة في الأعمدة المتعددة للجدول السابق لا توفر لنا دليلا حاسماً علي أنه قد حدثت أي تغيرات محسوسة في تركيب المادة المذابة في النهر خلال الفترة التي جرت علي امتدادها التحليلات. ومن الصواب أنه إذا كان في الإمكان الاعتماد على نتائج ليتيبي لعامي 1874- 1875، فعلينا أن نستنتج أن نسب بعض العناصر – بالأخص الصوديوم والبوتاسيوم وحامض الكبريتيك والسليكا – قد تغيرت بدرجة كبيرة منذ بدء التحكم الصناعي في النهر. لكن نتيجة للأسباب التي ذكرت سابقا، لا يمكن اعتبار تحليلات ليتيبي أنها تمثل علي وجه دقيق التركيب الصحيح للمادة المذابة في النهر أثناء الفترة التي أُجريت فيها تلك التحليلات، والاختلافات في نسب العناصر المختلفة التي كُشف عنها في التحليلات المتنوعة التي أُجريت في فترات مختلفة فيما بين 1905 والسنة الحالية، تعد غير قياسية ولا تزيد أهميتها عن كونها سهلة التعليل بسبب أن الفروق غير القياسية من سنة لأخرى في تركيب المواد الكيميائية تنشا عن الاختلافات في ظروف الطقس على امتداد حوض النيل في السنوات المختلفة.

وبذلك بينما هناك احتمالية أن بعض التغيرات الطيفية في التركيب المتوسط للمادة الصلبة المذابة المحمولة في النيل قبالة القاهرة قد حدثت في غضون الخمسة وثلاثين عاما التي تلت زيادة كمية التحكم

الصناعي في النيل الذي خضع له تدفق النهر، فإننا يجب أن نستنتج أن هذه التغيرات قد استترَت بشكل تام تقريبا وراء الاختلافات غير القياسية التي تحدث في تركيب المادة المذابة من عام إلى آخر.

سيلاحظ أنه لا يوجد أي تحليل كامل في جدول(22)، وفي الحقيقة فإنه لم يُجر حتى الآن تحليل كامل لمياه النيل. حتى الأرقام في العمود الأخير من الجدول لا تتضمن كل العناصر التي تتألف منها المادة المذابة. من المعروف أن النسب الصغيرة من الأمونيوم والبقايا الضئيلة من المنجنيز توجد بشكل ثابت مذابة في الماء، برغم أن هذين العنصرين غير موجودين في الجدول ولم يتم تقدير نسبة الماء الموجود في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير في أي من العينات التي تم تحليلها، علي الرغم من ضرورة أن تتوافر لنا بعض المعرفة عن متوسط النسب المئوية للمياه الموجودة في " إجمالي المواد الصلبة المذابة " خلال شهور الفيضان وخلال بقية العام علي الترتيب، قبل أن نستطيع إجراء الاختيار عن طريق الجمع بين درجة الكمال وبين الدقة العامة للنتائج التي توصلنا إليها في العمود الأخير من الجدول.

وفيما يختص بالأمونيوم، يمكن اعتبار نسب هذا العنصر معادلة لنسب ما يسمي بـ "الأمونيا الحرة" الموجودة في الماء، وأن تقديرها يشكل جزءاً من الفحص الروتيني لماء النهر من أجل أغراض السلامة الصحية. ويبدو من الملاحظات الأسبوعية لمستر لوكاس[15] أن نسبة "الأمونيا الحرة" الموجودة في مياه النيل عند القاهرة خلال الأعوام 1907،1906،1905 وصل متوسطها إلى 0.10 % من إجمالي وزن المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان - من أغسطس إلى نوفمبر – و 0.009 % خلال الأشهر الباقية من السنة، في حين أن الملاحظات الشهرية التي أجراها مستر موصيري فيما بين نوفمبر 1925 ويوليو 1927 قد أمدتنا بمتوسط مقداره 0.028 % خلال أشهر الفيضان و 0.038 % خلال الشهور الباقية. ولذلك فقد نستنتج أن نسبة الأمونيوم الموجودة في المادة الصلبة المذابة خلال الفترة الزمنية الكاملة التي أجريت فيها التحليلات قد وصل متوسطها في الغالب لبضعة مئات قليلة من واحد بالمئة في كل فصول السنة.

وفيما يختص بالمنجنيز، فإن هذا العنصر كُشف عنه فقط في بقايا دقيقة من مياه النيل، ويصل متوسط نسبته في المادة الصلبة المذابة غالباً إلى كسور ضئيلة من 1%.

وفيما يتعلق بنسب المياه المحتجزة في البقايا الجافة عند وزنها لـ " إجمالي المواد الصلبة المذابة "، فإنها تعد أكبر بكثير من النسب المذكورة السابقة، وهي تتنوع في السلسلة المختلفة من التحليلات نتيجة الاختلافات في درجات حرارة التجفيف المستخدمة. فقد قام بيرنس ولوكاس بتجفيف البقايا عند درجة حرارة 98° م و100° م، وموصيري عند 100°م و105°م، وتود وأزاديان وزيليناس عند 110°م، وويليامسون وألاجيم عند 120°م. أي أنه بذلك كان متوسط درجة حرارة التجفيف في التحليلات ككل حوالي 105°م.

وبتبني وجهة النظر في الحصول علي نسب تقريبية لما يمكن أن يكون متوسط نسب المياه المحتجزة في البقايا المجففة عند درجة الحرارة المذكورة أخيراً خلال أشهر الفيضان وخلال الأشهر المتبقية من العام علي الترتيب؛ فقد تكرم دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم بناء علي طلبي، وحدَّدا الفاقد من الوزن بالنسبة المئوية فيما بين درجة حرارة 100°م و 120° م، وبين 100°م و 180°م، في البقايا الناتجة عن التبخير

من ست عينات للمياه أخذت من النهر في اشهر يونيو وأغسطس وسبتمبر عام 1937، ويناير وفبراير 1938، ويعرض جدول (23) لنتائجها.

في هذه التجارب، من المحتمل بالطبع أن بعض المياه قد حُجزت في البقايا حتي عند 180°م، لكن في اعتقادي أن الكمية المحتجزة في هذه الدرجة المرتفعة من الحرارة من غير الراجح أنها اختلفت بشكل كبير عن تلك الكمية التي فقدت فيما بين 100°م ودرجة الحرارة المتوسطة (160°م) التي جفت عندها العينات في التحليلات.

ومن ثم، قد يبدو من الصواب أن نفرض أن متوسط النسب المئوية لفقدان الوزن فيما بين درجة حرارة 100°م و180° م التي نتجت عن تجارب دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم في بقايا العينات - التي جُمعت خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الأخرى من السنة علي الترتيب - ستشمل لدرجة مقبولة المعدل التقريبي لمتوسط النسب المئوية للمياه الموجودة في البقايا الناتجة عن التبخير التي جرى وزنها من "إجمالي المواد الصلبة المذابة" في التحليلات.

وباتخاذ هذا الافتراض، فسيكون لدينا 4.4 % و2.2 % كمتوسط تقريبي لنسب المياه الموجودة في "إجمالي المواد الصلبة المذابة" خلال شهور الفيضان وخلال الشهور المتبقية من السنة على الترتيب.

من الطبيعي أن نتوقع أن نسبة الرطوبة المحتجزة في البقايا الجافة الناتجة عن التبخر لا بد أن تكون أعلى خلال موسم الفيضان مقارنةً بنسبتها خلال بقية العام، وذلك بسبب النسب العالية من السليكا التي تكون حينئذ موجودة في تلك البقايا، لكن الاختلاف الموجود يبدو أكبر من كونه سهل التفسير بهذه الطريقة. لذلك، من المحتمل أن الأرقام التي توصلنا إليها بالأعلى قد تبدو غير دقيقة بعض الشيء، لكننا قد نقبلها كأرقام ممثلة لأفضل النسب التقريبية المتاحة لنا في الوقت الحالي.

وبجمع النسب المئوية للعناصر المختلفة التي كُشفت من التحليلات، حسب أرقامها الواردة في جدول(22) وإضافة متوسط النسب المئوية التقريبي للمياه الموجودة في البقايا الجافة في الموسمين حسبما قدرت بالأعلى -ولكن بإهمال الأمونيوم والمنجنيز حيث أنهما يقدَّران معا بأقل من 0.1 في المئة من إجمالي المواد الصلبة المذابة -سيكون لدينا البيانات التحليلية التالية التي نحسب منها التركيب المتوسط للمادة المذابة خلال شهور الفيضان والشهور الباقية من السنة على الترتيب. (وبالطبع تم حساب مكافئات الجرام لكل 100جم من المادة المذابة من النسب المئوية عن طريق قسمة الأخيرة على الأوزان المجمّعة للأيونات على الترتيب).

وبحذف مكافئات الجرام المماثلة للنسب المئوية من الأيونات الحمضية والقاعدية الناتجة عن التحليلات، فقد افترضتُ أن أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديديك بالإضافة إلى السليكا الحرة تعتبر في حد ذاتها موجودة في الماء في الحالة شبة الغروية وليس في صورة أيونات أملاحها. بينما قد يبدو هذا الافتراض خاطئا فيما يتعلق بأكسيد الحديديك (والذي يمكن أن يمثل كربونات الحديدوز) فإن نسبة أكسيد الحديديك الموجود في الماء تعد شديدة الضآلة لدرجة أن الافتراض لا يتيح مجالا لوجود أي كمية محسوسة من الخطأ. وقد أخبرني مستر ألاجيم ذلك عندما ذاب راسب أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديديك الذي نتج عن تحليل عينات الماء المأخوذة من النهر في أكتوبر 1937، في كمية صغيرة من

حامض مخفف، ولم ينتج عن إضافة ثيوسينايت Thiocyanate البوتاسيوم إلى المحلول سوى لون باهت للغاية، مما يدل على أن الراسب يتكون في مجمله تقريبا من أكسيد الألومنيوم مع بقايا من أكسيد الحديديك فقط.

لو أن النتائج التحليلية المذكورة سابقاً كانت كلها صحيحة بشكل تام، ولم يُهمل عنصر في التحليلات (باستثناء الكميات شديدة الصغر من الأمونيوم والمنجنيز التي أشرنا إليها سابقا)، فإن النسب المئوية يجب أن تزيد عن 100، ومجموع مكافئات الجرام للقواعد Bases يجب أن يوازن بدقة مجموع الأحماض Acids في كل حالة. لكن سيلاحظ أن مجاميع النسب المئوية أقل من 100 بنحو 3.8 و3.4 أي بنحو 3.95 و3.52 في المائة علي الترتيب، بينما مجاميع مكافئات الجرام للأحماض تنقص عن مجاميع مكافئات الجرام للأحماض بـ 4.50 و 2.24 في المائة خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الباقية علي الترتيب.

وحيث أنه من المؤكد عمليا أنه لا يوجد عنصر بنسب محسوسة يمكن إهماله، فإننا يجب أن نستنتج أن كلاً من النقص عن 100 من كل نسبة مئوية، ولابد أن يكون النقص الواضح في مجموع مكافئات الجرام للأحماض عند مقارنته مع مجموع مكافئات الجرام للقواعد في كل حالة راجعا إلى تراكم الأخطاء الصغيرة في الحسابات التحليلية. إن مقدار الفروق - بدون شك – تعد أقل قدرا من تلك الفروق التي توجد عامةً في تحليل المياه [16]، وهي حقيقة تميل إلى الإشارة إلى أن البيانات التحليلية تعد مضبوطة إلى حد كبير، ولذلك فإننا لا نحتاج لأى قدر من الشك في إجراء تصويبات صغيرة بالتناسب مع المواد المختلفة، مثل أن نُوازن الأحماض مع القواعد ومع إجمالي النسب المئوية إلى 100، وبتصحيح الأرقام بذلك الأسلوب ستكون لدينا القيم النهائية التي تقوم عليها حساباتنا و المتعلقة بمتوسط كميات المواد المعدنية المختلفة المذابة التي تمر سنويا أمام القاهرة في النهر.

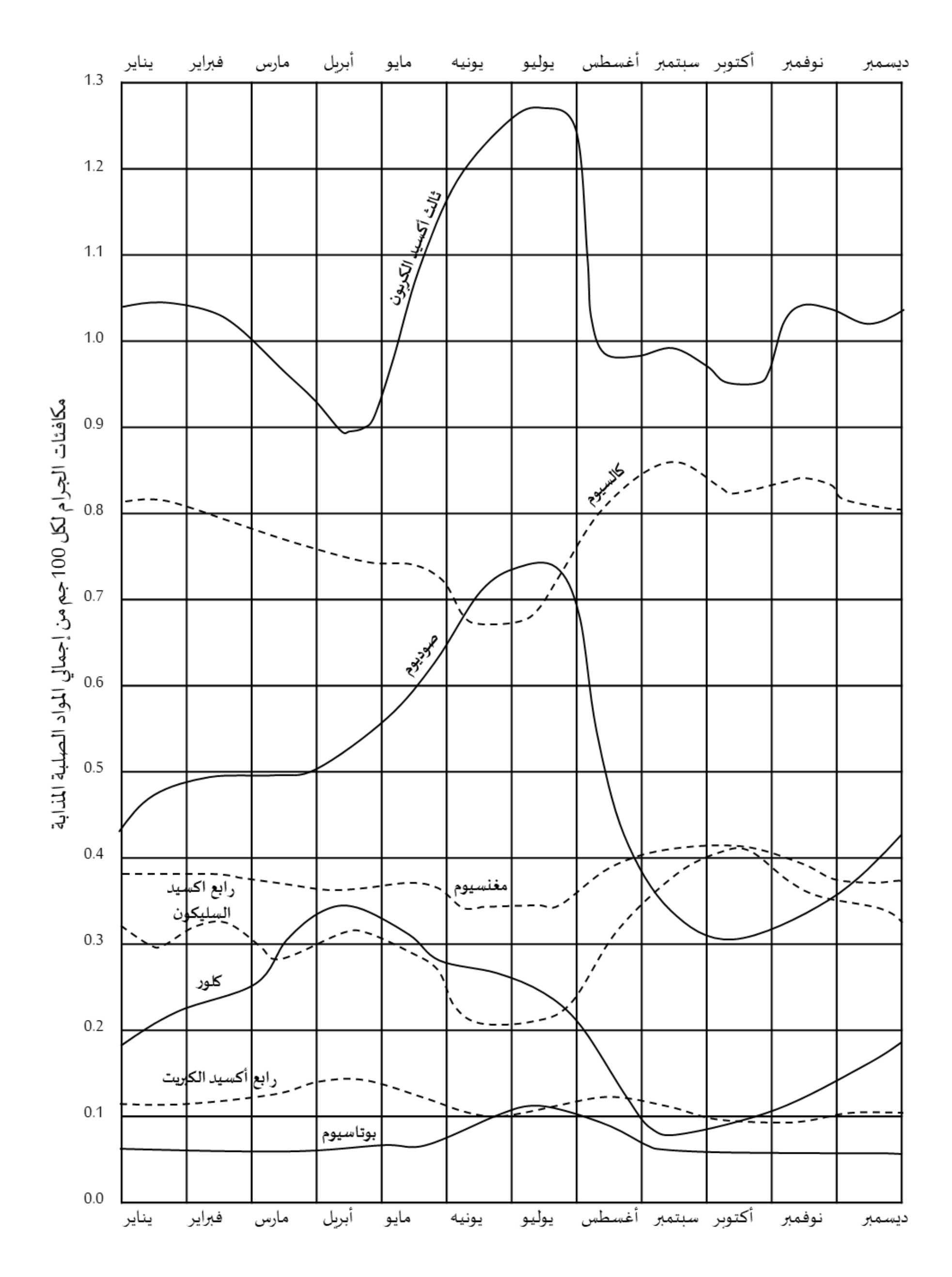
سنبدأ بإجراء تصويبات إضافية إلى النسب المئوية للأحماض، تصل لـ 4.50 و2.24 في المائة خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الباقية من السنة على الترتيب. هذا سيحقق توازنا بين مكافئات الجرام للأحماض والقواعد، وفي الوقت نفسه سيُزيد إجمالي النسب المئوية لكل العناصر بنسبة 98.4 و97.8 على الترتيب. وحينئذ بإجراء تصحيح آخر مقداره 1.6 % يضاف إلى كل المواد خلال أشهر الفيضان، و2.2 في المائة لكل المواد خلال الشهور المتبقية من السنة (والتي بالطبع لن تشوِّش التوازن بين الأحماض والقواعد)، فإننا في النهاية سنصل بالنسبة المئوية الكلية إلى مائة في كل حالة.

وباتخاذ هذا الإجراء فسيكون لدينا القيم التالية كمتوسط النسب المئوية المرجحة للعناصر المختلفة خلال أشهر الفيضان وخلال بقية العام علي الترتيب، و بالطبع سيكون كشف مقدار تلك العناصر المماثلة الموجودة في الماء - بالجزء في المليون - أسهل عن طريق ضرب النسب المئوية في 1.38 و 1.91، حيث الـ 138 و191 تُعدّان على الترتيب، الرقمين المتوسطين للأجزاء في المليون لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء خلال شهور الفيضان وخلال الشهور المتبقية من السنة خلال الفترة 1906- 1936، حسبما تم استنتاجها من الأرقام في جدول (6).

وباستخدام الأجزاء في المليون المذكورة في العمودين الأخيرين من الجدول بالأعلى والأرقام المذكورة في الجداول السابقة للكميات المتوسطة اليومية من الماء التي تمر أمام القاهرة في الشهور المختلفة من السنة، سيكون بالطبع في مقدورنا أن نحسب بسهولة النسبة التقريبية لمتوسط إجمالي كميات القواعد والأحماض المختلفة المذابة التي تمر سنويا في نيل القاهرة. لكن من وجهة النظر الجغرافية لا تعد كميات الأحماض والقواعد المختلفة المحمولة في الماء ذات أهمية كبرى، مقارنةً بكميات المواد المعدنية المذابة التي تمثلها تلك الأحماض والقواعد.

ولكي نكون قادرين على حسابها، يجب أولا أن نعرف كيف ضُمت الأحماض والقواعد المختلفة لبعضها البعض عند دخولها الأصلي إلى المادة المذابة في الماء. وبالطبع، لا تقدم لنا التحليلات أية معلومات مباشرة عن هذه النقطة، لأن جزئيات المواد المعدنية المذابة ستكون قد تفككت إلى أيونات مكوناتها في المحلول. وكذلك لن تكون لدينا معلومات عن الطريقة التي تنضم بها القواعد والأحماض لبعضها البعض في البقايا الجافة، لأن المركبات في البقايا الناتجة عن التبخر تعد بالتأكيد في حالات كثيرة مختلفة عن تلك الموجودة في المواد المعدنية التي ذابت في الأساس. مع ذلك، قد نحصل على قدر كبير من المعلومات فيما يختص بالطريقة التي تجمعت بها الأحماض والقواعد المختلفة إلى بعضها البعض، وذلك عن طريق فحص مسارات التغيرات السنوية لمقاديرها النسبية في إجمالي المواد الصلبة المذابة، حسبما قيست في التحليلات الدورية التي كانت تُجرى أسبوعيا أو شهريا على امتداد العام. ولو وجد أن نسب قاعدة معينة وحمض معين لا تتماثلان مع بعضهما البعض في الفصول المختلفة؛ فقد نستنتج عن يقين أن ذلك الحمض وتلك القاعدة كانتا متحدتيْن مع بعضهما البعض في الوقت الذي دخلتا فيه إلى المحلول المذاب في ماء النهر، بينما من الناحية العكسية سيؤدى غياب أي تماثل بين الاثنين إلى الاستنتاج أن تلك القاعدة كانت متحدة مع حامض آخر، وذلك الحامض كان متحداً مع قاعدة أخرى في الوقت الذي دخلتا فيه إلى المحلول المذاب.

وبالطبع كثيرا ما سيحدث أن جزءً من إجمالي كمية قاعدة معينة موجودة سيتحد في الأساس مع حامض واحد، وجزء آخر مع حامض آخر، ونفس الشيء بالنسبة لإجمالي كمية حامض معين موجود، لدرجة أن التماثل نادراً ما يكون كاملا؛ ولكن عندما يكون الاتحاد قد شمل جميع الأحماض والقواعد الموجودة أو جزءاً منها، فقد نتوقع أن تكون درجة التماثل مميزة بشكل لا شك فيه. قد نشتق مساعدة أخرى في تكوين رأي بخصوص الطريقة التي تتحد بها الأحماض والقواعد المختلفة في الأساس مع بعضها البعض، وذلك من معرفة الطبيعة العامة للصخور التي تتكون منها البلاد التي مر بها النهر والأثر الجيولوجي للأمطار عليها.



شكل26: منحنيات تبين التغيرات السنوية في المقادير النسبية للعناصر الكيميائية المختلفة للمادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، حسبما استُنتجت من تحليلات موصيري خلال السنوات 1924 – 1927.

ولكي نطبق الأساسيات المذكورة سابقا على حالة مياه النيل عند القاهرة، فقد رسمتُ في شكل (26) سلسلة من المنحنيات البيانية تمثل المسارات السنوية للتغيرات في مكافئات الجرام للقواعد الأساسية والأحماض لكل 100 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة، حسبما استُنتجت من التحليلات التي أجراها موصيري على فترات شهرية خلال السنوات 1924- 1927.

سيلاحظ من الرسم البياني أن الانخفاض المميز الذي يحدث في نسبة الكلورين في سبتمبر يرافقه انخفاض مشابه في نسبة الصوديوم، إذ يمكن أن نستنتج أن الكلورين دخل بشكل أساسي إلى المحلول المذاب متحداً مع الصوديوم في صورة كلوريد الصوديوم، وكذلك نرى أن منحنى الحامض السليكاتي يُظهر قدراً كبيراً من التماثل مع منحنى الكالسيوم، والذي قد نستنتج منه أن الحامض السليكاتي قد دخل بشكل أساسي إلى المحلول المذاب متحداً مع الكالسيوم في صورة سليكات الكالسيوم، وكذلك أن منحني حامض الكبرتيك يظهر قدراً ما من التشابه مع منحنى الماغنسيوم، والذي يدل على أن معظم – إن لم يكن كل – حامض الكبريتيك قد دخل إلى المحلول المذاب متحداً مع المغنسيوم في صورة كبريتات المغنسيوم، وأن المنحنى الكبير المتخذ شكل سنام الجمل الخاص بحامض الكربونيك في شهري يونيو ويوليو تصاحبه زيادة مماثلة في منحنيات الصوديوم والبوتاسيوم، وهو بذلك يدل بشكل واضح على أن جزءا كبيرا من الصوديوم، وكذلك كل البوتاسيوم في الغالب، قد دخل إلى المحلول المذاب في صورة كربونات.

تعد نسب حامض الفوسفوريك وحامض النيتريك الموجودة في المادة الصلبة المذابة شديدة الصغر، حسبما يتضح من منحنياتهما للتغيرات السنوية في الرسم البياني لشكل ؟. وبالتأكيد فإن حامض الفوسفوريك – الذي بلغ متوسط مكافئات الجرام له حوالي 0.009 لكل 100 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان و 0.006 خلال الأشهر الباقية من السنة – قد دخل إلى المحلول المذاب متحداً مع الكالسيوم في صورة فوسفات الكالسيوم، وهذه تعد الصورة المتحدة التي يوجد بها في الصخور البركانية لحوض النيل (في شكل بللورات دقيقة من الأباتيت). وفيما يتعلق بحامض النيتريك؛ فإن متوسط مكافئات الجرام منه تصل لحوالي 0.018 لكل 100 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان و 0.002 فقط خلال بقية العام، وإن حقيقة أن هذا العنصر يعد موجوداً بنسبة أكبر بكثير خلال أشهر الفيضان مقارنة بالمواسم الأخرى، تدل بوضوح أنه مشتق في الأساس من حوض النيل الأزرق حيث - علي الرغم من أن نسبة معينة منه تجئ بلا شك من الجو مباشرة عن طريق هطول الامطار – من المحتمل أنه قد تكوَّن في التربة بفعل البكتريا علي الأرض الخضراء ثم نزح إلى النهر، متحدا في الغالب مع الكالسيوم في كل موسم للمطر. لكن كما سأستطرد بالتفصيل فيما بعد، من الممكن أن جزءاً من حامض النيتيريك الموجود في مياه النيل عند القاهرة قد ينتج عن نزوحه إلى النهر من جزء من النيترات القابلة للذوبان المستخدمة لتسميد الأرض الزراعية في صعيد مصر.

من الاستنتاجات المذكورة بالأعلى الخاصة بالصور المتحدة المحتملة التي دخلت بها الأحماض والقواعد المختلفة إلى المحلول المذاب بمياه النهر، فقد نتوصل إلى الآتي كإجراء صحيح على وجه التقريب نترجم به نسب الأحماض والقواعد المختلفة الموجودة في النهر عند القاهرة إلى نسب المركبات المعدنية المختلفة التي تمثلها: -

1. يخصَّص كل الكلوريد إلى الصوديوم ككلوريد الصوديوم $NaCl$.

2. يخصص حامض الكبريتيك إلى المغنسيوم ككبريتات المغنسيوم $MgSo_4$.

3. يخصص حامض النيتريك إلى الكالسيوم كنيترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$.

4. يخصص حامض الفوسفوريك إلى الكالسيوم كفوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)$

5. يخصص الحامض السليكاتي إلى الكالسيوم كسليكات الكالسيوم Ca_2SiO_4

6. يخصص البوتاسيوم إلى حامض الكربونيك ككربونات البوتاسيوم K_2CO_3.

7. يخصص كل الباقي من الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم إلى حمض الكربونيك كالكربونات الخاصة بتلك المعادن.

وبتطبيق هذا الإجراء على نسب القواعد والأحماض كما هو مذكور سابقا، فسيكون لدينا التقديرات التي يضمها جدول(26) والذي يعرض النسب المتوسطة التقريبية للمواد المختلفة المذابة في النيل عند القاهرة خلال أشهر الفيضان الأربعة (أغسطس – نوفمبر) وخلال الثمانية أشهر المتبقية من السنة علي الترتيب:

سيلاحظ من الأرقام المذكورة بالأعلى أن الكربونات (التي توجد في المحلول المذاب بشكل رئيسي في صورة بيكربونات) تشكل إلى حد بعيد الفئة الأكثر وفرة في المواد المعدنية المذابة، مشكّلة في الحقيقة حوالي 32 في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان وحوالي 56 في المائة خلال بقية العام. تشكل كربونات الكالسيوم وحدها حوالي 22 في المائة في المتوسط، وكربونات المغنسيوم حوالي 11- 12 في المائة، وكربونات الصوديوم 14- 18 في المائة (وتعد الأدنى خلال شهور الفيضان)، وكربونات الكالسيوم حوالي 5 في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة. ومثل نسب كربونات الصوديوم، فإن نسب كلوريد الصوديوم وسليكات الكالسيوم والسليكا الحرة تتنوع بشكل كبير حسب الفصل السنوي، ويتميز ذلك التنوع علي نحو خاص في حالة كلوريد الصوديوم - الذي يصل متوسطه لستة في المائة فقط من إجمالي المادة الصلبة المذابة خلال شهور الفيضان - ولكن يصل إلى حوالى 4 في المئة خلال الثمانية شهور المتبقية من السنة. ويصل متوسط سليكات الكالسيوم والسليكا الحرة لحوالي 17 في المائة و9 في المائة علي الترتيب من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال شهور الفيضان، ولكنه يصل لحوالي 13 في المائة و 6 في المائة علي الترتيب خلال الشهور الباقية من العام. وتعد نسبة كبريتات المغنسيوم ثابتة تقريبا إذ يصل متوسطها لحوالي 7 في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة في جميع فصول العام.

ولأن نسب المواد الصلبة المذابة تُعدّ الأصغر خلال شهور الفيضان، فإن الأجزاء في المليون للمواد المذابة الموجودة في الماء تعد أيضا الأصغر خلال موسم الفيضان، باستثناء النيترات وفوسفات الكالسيوم والسليكا الحرة، حيث أن مقدار الأجزاء في المليون منها في الماء تعد الأعلى خلال شهور الفيضان.

وبناء على مقدار الأجزاء في المليون للمواد المذابة المختلفة المذكورة في الجدول السابق، ومتوسط أحجام مياه النيل قبالة القاهرة خلال شهور الفيضان الأربعة وخلال الثمانية أشهر الباقية من كل عام

على امتداد الفترة 1930- 1936، التي كانت حوالي 53كم^3 و19كم^3 على الترتيب، فيمكننا بسهولة أن نوجد بعملية ضرب حسابية بسيطة متوسط إجمالي كميات المواد المختلفة بالأطنان سنويا التي يحملها النهر أمام القاهرة في صورة مذابة. وبهذه الطريقة حصلنا علي النتائج المكتوبة في جدول (27).

وباعتبار أن متوسط الثقل النوعي للمواد المذابة يبلغ حوالي 2.3، فإن المادة الصلبة المذابة المحمولة سنويا قبالة القاهرة ستشغل حجما يصل لحوالي 4.6 مليون متر مكعب، أو ضعف حجم الهرم الأكبر تقريبا. قد يلاحظ أن الجزء الأكبر من كربونات الكالسيوم الذي يشكل نسبة كبيرة من إجمالي المواد الصلبة المذابة في النهر لا تنشأ – كما يبدو أول وهلة من الأحجار الجيرية، ولكنها – مثل المواد المعدنية المذابة الأخرى – ناتجة عن تفكك الصخور النارية والمتحولة، لأنه علي الرغم من أن الأحجار الجيرية تنتشر علي نطاق واسع في مصر، فهي لا تغطي إلا جزءاً صغيراً فقط من حوض النيل ككل، فصخور هضبة البحيرات أساسها من النايس، وتلك الخاصة بالهضبة الحبشية أساسها اللافا البركانية.

إن النسب شديدة الصغر من الحديد والألومنيوم هي فقط التي توجد مذابة في مياه النيل، برغم حقيقة أن هذين المعدنين يوجدان بوفرة في صخور وادى النيل (يشكل الحديد عنصرا هاما من معادن سليكات منجنيز الحديد مثل الهورنبليند، الأوجيت، الميكا، التي تعد جميعها مصدرا لجزء من الكالسيوم ولمعظم المغنسيوم المذاب بعد تفتيتها. ويعد الألومنيوم عنصراً هاما بنفس الدرجة من الأهمية من معادن سليكات الألومينا القلوية، مثل الفلسبار الذي يُنتج معظم بقايا الكالسيوم المذاب والجزء الأكبر من الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين)، ويسهل تفسير ذلك عندما نضع في أذهاننا أن الحديد الذي يتفكك لصورته الحرة عند تجوية معادن منجنيز الحديدوز يتخذ معظمه حالة هيدروكسيد الحديد، بينما سليكات الألومينا المحررة من تجوية الفلسبار تمتص الماء وتشكل الكاولين. ولأن هيدروكسيد الحديد والكاولين كلاهما غير قابل للذوبان في الماء؛ فإن هاتين المادتين ستُحملان كمواد عالقة في النهر بدلا من محلول مذاب.

التأثير المتوقع للأسمدة الكيميائية في مصر العليا على مياه النيل عند القاهرة

حتى بداية القرن العشرين، كانت كميات ضئيلة فقط من الأسمدة الصناعية القابلة للذوبان في الماء تُستخدم في الزراعة بمصر. لكن ازداد في السنوات الأخيرة استهلاك هذه الأسمدة في البلاد بشكل كبير، حيث تصل الآن إلى أكثر من نصف مليون طن كل عام. والسؤال الذي يطرح نفسه يتعلق بما إذا كانت نسب عناصر معينة في المادة الصلبة المذابة بالنهر عند القاهرة ربما لم تتعرض لقدر محسوس من الزيادة وأن السبب الحقيقي ربما يرجع إلى أن نسبةً ما من الأسمدة الصناعية المستخدمة في أراضي صعيد مصر قد حملتها مياه الصرف كمحلول مذاب من الأراضي، وبالتالي دخلت إلى النهر.

قد تتكون لدينا فكرة فيما يتعلق بالإجابة المحتملة على هذا السؤال بأن نحاول أولا أن نقدر علي التقريب إجمالي كميات الأسمدة الكيميائية التي تستخدم سنويا في أراضي صعيد مصر في السنوات الأخيرة، ثم بأخذ ما ينتج لنا كتخمين لمتوسط نسب الأسمدة التي استخدمت وستدخل للنهر كمحلول مذاب في ماء الصرف الناتج عن تلك الاراضي.

يبين لنا جدول (28) إجمالي كميات الأسمدة الصناعية التي استوردتها مصر في سنوات 1906، 1916، 1926، 1936 ، حسبما سُجلت في الإحصاء السنوي *Annuaire Statistique*.

يلاحظ من الجدول أن كميات الأسمدة النتيروجينية المستوردة تتعدى كميات الأسمدة الفوسفاتية بحوالي 6 إلى واحد. تُستهلك الأسمدة الفوسفاتية بشكل أساسي في الدلتا، وحتي سنة أو سنتين ماضيتين لم تكن قد استعملت على الإطلاق في صعيد مصر، وما تزال محدودة الاستهلاك مقارنة بالأسمدة النيتروجينية لدرجة أننا يمكن أن نهملها بالكامل من حسباننا. وفيما يختص بالأسمدة النتيروجينية، فقد علمت أن حوالي خمسين بالمائة من الاستيراد الكلي منها يُستخدم في أراضي وادي النيل جنوبي القاهرة.

فيما يتعلق بمقدار نسبة الأسمدة النتيروجينية المستخدمة في الأرض التي تذهب إلى النهر عن طريق مياه الصرف؛ فليست لدينا في الوقت الحالي أية وسيلة لحساب التقدير الدقيق، ولكن من أجل بحثنا سيبدو من الصواب أن نفترض أنها قد تبلغ مقدار العُشر. وذلك يتضمن أنه في مكان ما ستبلغ النسبة نحو 7 % من مقدار الاستيراد الكلي للأسمدة النتيروجينية التي تذهب إلى النهر سنوياً قبل وصوله للقاهرة، ويوضح جدول(29) (المبني علي هذه النسبة) كميات العناصر المعدنية المختلفة التي قد يُفترض بذلك أنها دخلت للنهر في صورة محلول مذاب في مياه الصرف الزراعي في سنوات مختلفة.

وبأخذ متوسط إجمالي كمية المادة الصلبة المذابة في النهر التي تمر سنويا في القاهرة بمقدار 10.7 مليون طن، فإن الأرقام المذكورة بالأعلى تماثل النسب المئوية التي يعرضها جدول(30) لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

ومن الزيادات المحسوبة في العمود الأخير من الجدول أعلاه فإن أكبرها على الإطلاق هو 0.193 والذي يتناول النسبة المئوية لحامض النيتريك، بينما من بقية الأرقام فإن الرقم الوحيد الملحوظ في التحليلات التي أجريت على امتداد عشرين عاما أو يزيد هو 0.011 الخاص بالنسبة المئوية للأمونيوم. ومن ثم، قد يبدو من الطبيعي من النظرة الأولي أن نستنتج أن النسب المئوية المتزايدة التي تبلغ حوالي 0.018 و 0.02 من حامض النيتريك ومن " الأمونيا الحرة " علي الترتيب، واللتين لاحظهما موصيري في مياه النيل في الفترة 1925 – 1927 مقارنةً مع تلك النسب التي كشفها مستر لوكاس قبله بعشرين سنة، وهي نسبة قد يكون سببها الاستخدام المتزايد للأسمدة القابلة للذوبان في هذه الفترة الزمنية. ومع ذلك من غير الراجح أن يكون هذا هو التفسير الصحيح للزيادات التي لوحظت، وبالأخص تلك الخاصة بـ "الأمونيا الحرة "؛ لأن آثار البكتريا وغيرها في التربة ستمنع أملاح الأمونيوم من الانسلال إلى ماء الصرف، والدليل المتاح المتعلق بتركيب مياه الصرف القادمة من الأراضي المسمَّدة بمصر يوحي أن كميات حامض النيتريك -التي من الأرجح أنها دخلت إلى ماء الصرف تعد أصغر من الكمية المذكورة في الحسابات المشار إليها بالأعلى.

هوامش الفصل

([1]) Popp(O.) " Ueber das Nilwasser " , Liebig's Annalen ,Vol 155 (1875) pp.334-348.
ولقد نُشر ملخص لهذه الورقة البحثية في: .The Chemical News of October 21, 1870, p.202

([2]) هذا يرجع بالطبع إلى نظام ري الحياض، والذي كان يستعمل في 1870 في مناطق من مصر السفلى وكذلك مصر العليا. تعد فكرة بوب – التي لا أذكر أنني رأيتها مذكورة في مكان آخر – مثيرة للاهتمام، وسيبدو ممكناً تماماً أن ترسب المادة الزغبية من محلول مياه النيل بعد تركه لمدة قد يساهم بعض الشيء في خصوبة الأراضي المروية، عن طريق تفعيل إضافات إلى نسب المواد شبه الغروية والقواعد القابلة للتبادل الموجودة بالفعل في التربة.

([3]) لايبدو أن دكتور ليتيبي – الذي كان في ذلك الوقت طبيبا بالإدارة الصحية و محللا للغذاء في لندن قد نشر أي أعمال عن تحليلاته لمياه النيل، إلا أن نتائجه قد سجلها سير بنجامين بيكر بعد حوالي خمس سنوات في ورقة بحثية باسم " The River Nile[3] نشرت في .The proceedings of the institution of civil Engineers , vol IX (1880) pp.367-379

([4]) بخصوص تصوير أهمية الاختيار الدقيق للموقع عند جمع عينات من ماء النهر للتحليل، أخبرني دكتور ويليامسون أنه في عام 1932، عندما كان يبدأ اعماله البحثية عن مياه النيل في القاهرة - التي سنتناولها بعد قليل - أخذ في البداية عيناته بالقرب من جسر الروضة لكنه وجد النتائج غير قياسية لدرجة أنه توقع أنها اختلطت بمياه الصرف، وفي النهاية اكتشف أنه كان هناك تدفق لمياه الصرف الزراعية في النهر بالقرب من المكان، ولهذا السبب فقد جمع عيناته من موقع عند كوبري إمبابة، الذي لم يكن في محيطه أي تدفق لمياه الصرف.

([5]) Burns (A.C), " Notes on the composition of the dissolved solids of the River ". Yearbook of the Khedivial Agricultural society for 1906, Cairo 1907, pp.180- 183.

فيما يبدو أنه خطأ مطبعي، تداخلت مقادير البوتاس والصودا في الجدول بصفحة 188 من ورقة بيرنس البحثية، وهذا الخطأ – الذي يتضح من سياق البحث – قد صُحح بالطبع في الملخص الذي ذكرناه هنا عن نتائجه.

([6]) Lucas (A.), "The chemistry of the River Nile", Cairo 1903, pp.26, 30,31.

([7]) سُجل ذلك في المحاليل الحمضية بعد غليها لمدة عشر دقائق. من المحتمل أن هذه هي أفضل طريقة متاحة في الوقت الحالي لتقدير نسب المادة العضوية المذابة في مياه النيل. ويقول دكتور وانكلين (water Analysis , 7th edition , London 1898 , p.58,) أنه " في العموم قد نؤكد أن الوزن الفعلي للمادة العضوية في لتر من ماء الشرب يعد تقريبا معادلا لوزن الاكسجين المستهلك عندما يخضع لتر من الماء لعملية الاحتراق الرطب "، ويضيف أنه لو كانت المادة العضوية هي السليلوز، فإن التقدير التقريبي سيكون قريباً جدا من نفس الوزن.

([8]) Lucas (A.), "The Blackened Rocks of the Nile Cataracts " , Cairo,1905, p.33.

([9]) Reports and Notes of the Public Health Laboratories ,Cairo ,1902 ,pp.1-5 ; and Azadian (A.) ,"Les Eaux d'Egypte" ,Cairo 1930 ,Vol.1 ,pp. 36-40. النتائج التحليلية المجدْولة المذكورة في البحث المنشور الأخير امتلأت للأسف بأخطاء مطبعية كثيرة، الا أن معظمها أمكن تصحيحه في نسخة عربية مطابقة من تلك الورقة البحثية نشرت في الوقت نفسه. (وقد أخبرني دكتور أزاديان أن السجلات التحليلة الأصلية ومخطوطة الكتاب قد تلفت بعد حادث عرضي).

([10]) Aladjem (R.), "Seasonal vaiation in salinity of Nile water at Roda (Giza) , with special reference to alkaline carbonates ". Bulletin No.69 of the Technical and Scientific Service of Agriculture, Cairo, 1926.

([11]) Mosseri (V.M.), " Les carbonates et bicarbonates en dissolution dans les eaux du Nil" Bulletin.Inst. d'Egypte, Tome VII (1925) pp.155-162.

([12]) نشر مستر موصيري نتائج التحليلات الفردية الشهرية في الصفحات 17-22 من كتيب عنوانه: "" Contribution a l'etude des eaux et du limon du Nil "(oeuvre posthume de Victor M. Mosseri) ,Cairo , 1936.

لكن نسب البيكربونات المسجلة هناك الناتجة عن طريقة المعايرة الكيميائية للمياه كانت قيمها خاطئة، ولم تُذكر نسب اوكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم والحمض الفوسفوري. وقد تأكدت أن الرقم 157 الخاص بإجمالي المواد الصلبة للعينة رقم 7 في ص 21 من الكتيب هو خطأ مطبعي حيث ان الرقم الصحيح هو 176، وقد أخبرني مستر هنري موصيري أن الأرقام

المسجلة للكالسيوم في التحليلات الأربعة الأولى في ص 22 من الكتيب يجب أن تكون على الترتيب: 22.8، 22.8،23.0، 229.8 بدلا من 32.0، 32.2، 32.0، 41.8.

([13]) Xilinas (E.M.). "Le Nil, son limon, et la terre egyptienne", Cairo 1936, pp.44 ,45.

([14]) عند اشتقاق المتوسطات الحسابية الشهرية من التحليلات، استخدمت المعادلة: a+2b+c /1 حيث a , b النسب الناتجة عن التحليلات التي أجريت في اليوم الاول والسادس عشر من الشهر على الترتيب، و c هي النسب الناتجة عن التحليل الذي أجري في اليوم الأول من الشهر التالي.

([15]) Lucas (A.), " The chemistry of the River Nile " , Cairo, 1908, p. 80.

([16]) وفقا لكتيب " الطرق القياسية لتحليل المياه " الذي نشرته جمعية الصحة العامة الامريكية (1936 ص 54) ؛ من المعتاد في الاجراءات العملية الروتينية في تحليل المياه ان نتوقع تغيرا في التوازن بين الأحماض والقواعد بمقدار يبدأ بـ 15 بالمائة في المياه المحتوية على 50 جزء في المليون من المادة المذابة حتى 2 بالمائة في المياه المحتوية على ما يزيد على 1000 جزء في المليون. وهذا يماثل تغيرا في التوازن من حوالي 12 بالمائة في حالة الماء – مثل مياه النيل – الذي يحتوي على حوالي 170 جزء في المليون من المادة المذابة، او حوالي ثلاثة أضعاف أكبر نسبتيْ تغيير من المذكورة بالأعلى.

الفصل السادس:

حمولة مياه النيل من المواد الصلبة العالقة

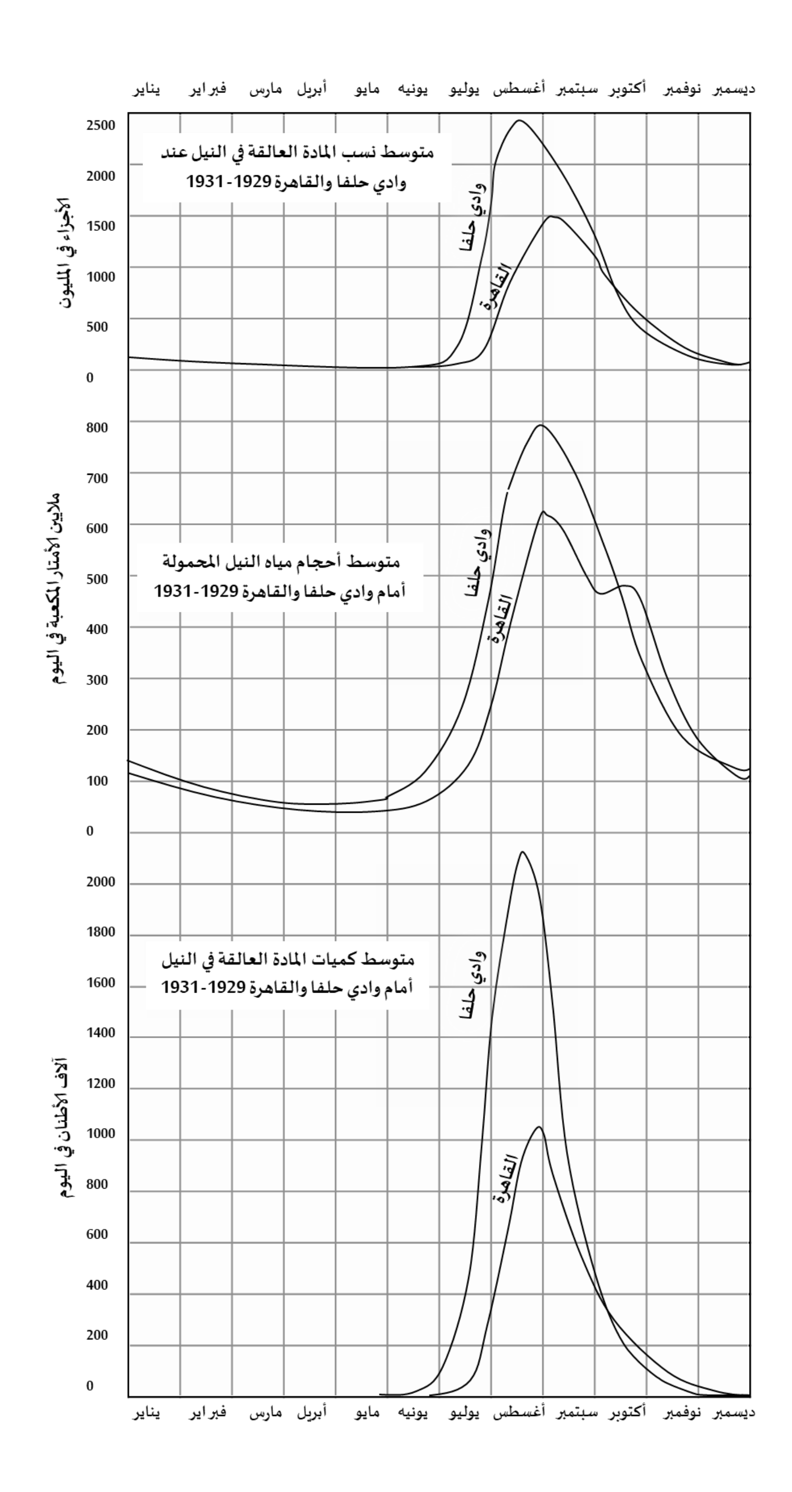
بجانب المادة التي يحملها النيل في "محلول *Solution*" مياهه -والتي تناولناها في الفصل السابق - يجلب النيل معه سنويًا كميات هائلة من المواد الصلبة في صورة حمولة "عالقة *Suspension*". ومثل نسب المادة المذابة، تختلف نسب المادة العالقة في مياه النهر باختلاف الفصول، لكن في حالة المادة العالقة لا يعد ذلك التباين الموسمي أكبر فحسب، بل إن العلاقة عكسية بينهما، فحين تكون نسبة المادة العالقة في أعلى مستوى لها خلال شهور الفيضان تكون نسب المادة المذابة في أدنى مستوياتها. ويحدث العكس خلال موسم التحاريق، عندما تكون نسبة المادة المذابة في أعلى مستوياتها وتصل نسبة المادة العالقة لأدنى مستوياتها.

في الوقت الراهن، وخلال الموسم الممتد من فبراير إلى مايو، تكون نسبة المادة العالقة إلى إجمالي مياه النهر: 1/ 10000، ومن ثم تكون نسبة العكارة طفيفة للغاية. وبحلول شهر يونيو عادة ما يتخذ ماء النيل لوناً ضارب إلى الخضرة وتصير رائحته كريهة، نتيجة لاحتوائه في ذلك الوقت على كميات كبيرة من مواد طُحلبيَّة متحللة مصدرها مياه النيل الأبيض. تُعرف هذه الظاهرة باسم "المياه الخضراء"، وتستبق موسم الفيضان، وعلى الرغم من أنها تحدث عادةً في شهر يونيو، فإنها قد تبكر في بعض السنوات فتحدث مع نهاية شهر مايو، وفي سنوات أخرى قد تتأخر إلى أوائل شهر يوليو. وتستمر هذه الظاهرة لفترة تتنوع ما بين أسبوع أو عشرة أيام إلى شهر أو أكثر في سنوات مختلفة.

وعند ترشيح "المياه الخضراء"، ستتراكم معظم المادة الطحلبية بالطبع في وسيط الترشيح، وستحمل الرواسب التي تراكمت في المرشحات رائحة زفارة نفاذة. وبحلول الفيضان -والذي يبلغ القاهرة بنهاية شهر يوليو – يكتسح النهر كل المواد الطحلبية ويلقيها في البحر وتصبح المياه عكرة بدرجة هائلة، مكتسبة لوناً بني ضارب إلى الحمرة (المياه الحمراء) نتيجة الكميات الكبيرة من المواد المعدنية المفتتة الدقيقة التي جُلبت أسفل النهر كمادة معلقة بفضل النيل الأزرق ونهر عطبرة. في ذروة مرحلة فيضان النيل قبالة القاهرة، يكتسب النهر في الواقع المظهر الخارجي لنهرٍ مهيب ملئ بالدوامات، قوامه طميٌ سائل أكثر من كونه مياه، حتى بالرغم من أن النسبة الفعلية من المادة العالقة في الماء في ذلك الوقت تكون أقل من 500/1. وبمنتصف نوفمبر ستكون قد مرت مرحلة الفيضان، ويفقد الماء تدريجيا اللون البني الأحمر، ويصير أقل تعكيراً، ثم عند فبراير تقريبا يستعيد لونه الصافي مرة أخرى.

وبجانب التباين الموسمي، هناك تباين من عام إلى عام في نسب المواد العالقة، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى التباين في الحجم السنوي للأمطار الساقطة على إقليم هضبة الحبشة التي ينبع منها النيلُ الأزرق ونهر عطبرة.

إن نسبة المادة العالقة في المياه المارة على أي مكان في أي وقت تتفاوت نوعاً ما حسب العمق؛ وعادة ما يزيد متوسط هذه النسبة على امتداد المقطع العرضي الكامل للنهر بمقدار 1.15 مرة مقارنة بهذه النسبة عند عمق يبلغ نصف متر تحت السطح في الخط المركزي للمجرى. وفي أماكن حيث يكوّن النهر انعطافا حاداً، قد تخضع نسبة المادة العالقة في فترات معينة لزيادة موضعية بسبب حتّ المياه للضفاف.



شكل27: منحنيات تبين متوسط سير التغيرات الموسمية في نسب المادة المعلقة بماء النيل في وادي حلفا والقاهرة على الترتيب، وفي كميات المياه والمادة المعلقة المحمولة قبالة هذين الموقعين 1929- 1931.

يعرض الجدولان (31) و(32) ملخص الحسابات المبدئية التي أجريت لنسب المواد العالقة في النيل قبالة القاهرة، يحتوي جدول (31) على الحسابات التي أجريت قبل إنشاء خزان أسوان، وجدول (32) على الحسابات التي أجريت بعد إنشائه.

على الرغم من أن الأرقام في الجدولين السابقين تعد في بعض الحالات غير قابلة للمقارنة مع بعضها البعض نتيجة للملاحظات التي سُجلت عند أعماق مختلفة بعض الشيء؛ فإنها توضح التباين الكبير في نسب المادة العالقة في سنوات مختلفة. وعلاوة على ذلك، تشير المقارنة بين الجدولين إلى أنه في المواسم -بخلاف فصل الفيضان -تعد نسب المواد العالقة في النيل عند القاهرة حالياً على نحو ملحوظ أقل من نسبتها قبل بدء التحكم الصناعي في النهر، وهي نتيجة متوقعة لأن قدراً كبيراً من الماء الذي يمر الآن النهر أمام القاهرة أثناء مرحلة انخفاض منسوب النهر قد خُزن في خزان أسوان، وهناك رسَّب جزءا من مادته العالقة. وحيث أن معظم المادة العالقة التي ترسبت بذلك النحو في الخزان يكتسحها بالطبع فيضان النيل التالي؛ فمن الأكيد عملياً أن متوسط نسبة المادة العالقة المارة قبالة القاهرة خلال مرحلة الفيضان أكبر حاليا عما كان عليه في الماضي نوعا ما، لكن الزيادة ضئيلة جداً بالمقارنة مع إجمالي كمية المادة العالقة التي ينقلها النهر خلال شهور الفيضان، لدرجة أن هذه الزيادة الطفيفة لا تبدو ملحوظة بسبب التغيراتُ في تلك الكمية أثناء شهور الفيضان على امتداد سنوات مختلفة.

وربما نتوصل إلى تقدير أقرب للصواب لمتوسط إجمالي كميات المادة العالقة التي يحملها النهر سنويا قبالة القاهرة في الوقت الراهن، وذلك عن طريق ضرب "متوسط النسب الشهرية من المادة العالقة المسجلة عند عمق نصف متر بوسط المجرى عند القاهرة خلال السنوات (1913- 1926) و (1929 - 1932)[1] في 1.15 لتحويلها أولا إلى متوسطات تقريبية للمقطع العرضي الكامل للنهر[2]، ثم بضربها في "متوسط التدفقات الشهرية للنهر قبالة القاهرة خلال نفس الفترة الزمنية"، وهو ما سُجّل في جدول(33) .

يلاحظ من جدول (33) أن إجمالي المعدل السنوي للمادة العالقة يصل إلى حوالي 57 مليون طن، يمر منها أكثر من 55 مليون طن خلال شهور الفيضان الأربعة (أغسطس إلى نوفمبر)، وأقل من 2 مليون طن خلال الشهور الثمانية الباقية من السنة. ويبلغ متوسط الكميات اليومية حوالي 452 ألف طن في شهور الفيضان وحوالي 6500 طن في باقي السنة.

وبمقارنة هذه الأرقام مع تلك الواردة بالمادة المذابة في جدول (7) بالفصل السابق، سيتضح أن إجمالي كمية المادة العالقة التي يحملها النيل سنويا قبالة القاهرة يصل لأكثر من خمسة أضعاف كمية المادة المذابة، ولكن يتضح أيضاً أن المقادير الوفيرة من المادة العالقة تعتبر محصورة في نطاق شهور

الفيضان، وأن المادة المذابة تفوق بشكل كبير مقدار المادة العالقة خلال الثمانية شهور المتبقية من السنة. ويعرض جدول (34) ملخصا لهذه المقارنة.

ويجب التنويه أن أرقام الجدول الخاصة بالمادة المذابة تتضمن بالتقريب حوالي 4 بالمائة من الماء المحتجز في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير، وأن الأرقام الخاصة بالمادة العالقة تشير فقط الى المادة التي يحملها النهر في شكل حمولة عالقة فعليا، وقد أهملنا ذكر الرمال والغرين اللذين تكسحهما حركة التيار على امتداد قاع النهر، وهو ما يسمى بـ " حمولة القاع ". وكما سنرى لاحقاً فإن حمولة القاع (من الرمال والغرين) التي تُنقل سنويا قبالة القاهرة تبلغ ما يعادل ثلثي كمية المادة العالقة، بل هناك احتمالية أن تكون أكبر من ذلك.

واضح أن الفترة الزمنية التي قيست خلالها نسب المادة العالقة التي يحتويها مياه النيل في صعيد مصر كانت أقصر من مدى فترة تقدير نِسبها عند القاهرة. لكن من ناحية أخرى، في بعض الحالات كانت نسب الصعيد أكثر دقة من نسب القاهرة؛ حيث قامت تقديراتها على عينات جُمعت على فترات زمنية تقدر بعدة أيام من نقاط موزعة على امتداد المقطع العرضي الكامل للنهر بدلاً من إجرائها على فترات أسبوعية أو شهرية عند نقطة واحدة منه.

ويعرض الجدْولان (35) و (36) ملخص لكل التقديرات الحسابية التي استطعت الحصول عليها وقيست عند نقاط عديدة في صعيد مصر، بالإضافة إلى متوسط النسب المماثلة عند القاهرة حينما كانت المقارنة متاحة، وقد حسبتُ الأرقام الخاصة بالقاهرة عن طريق ضرب النسب الصادرة عن وزارة الصحة العمومية (المقاسة عند عمق نصف متر في وسط مجرى النهر) في 1.15 لكي أحولها إلى المتوسط التقريبي للمقطع العرضي الكامل لمجرى النهر (في الجعافرة الواقعة عند حوالي 28 كم تقريبا شمالي أسوان، وفي البليدة على بعد حوالي 42 كم جنوب القاهرة .

إن التقديرات الحسابية للمادة العالقة التي أجرتها مصلحة الري في وادي حلفا والجعافرة عام 1928 والموضحة في الجدول الأول من الجدولين السابقين تعدُّ إلى حد ما غير دقيقة؛ لأن العينات قد جمعت عند نقطة أو نقطتين فقط في المقطع العرضي من مجرى النهر وعند فترات زمنية تصل أحيانا إلى أسبوع. مع ذلك، فإن التقديرات التي أجرتها المصلحة الجيولوجية عند نفس المكانين في عام 1929 وعند وادي حلفا في 1930 و1931 أقرب إلى الدقة؛ فقد جمعت العينات من عدد كبير من النقاط موزعة جيداً على امتداد المقطع العرضي الكامل للنهر على ثلاث مرات أسبوعيا على الأقل، على امتداد موسم الفيضان بأكمله. وفي الحقيقة، جُمعت العينات في عام 1929 -على امتداد فترة الجمع – بشكل يومي من الأربع وعشرين نقطة جميعاً في كل من وادي حلفا والجعافرة، ثم قدمت لنا الملاحظات التي أجريت في المكانين ما يمكن اعتباره أكثر التقديرات صحة لكميات المادة العالقة في النهر على الإطلاق.

إن مجرد نظرة إلى النتائج التي حصلنا عليها عند وادي حلفا والجعافرة في 1929 -حسبما سُجلت في الجدول الأخير -تعد كافية لإظهار أن نسب المادة العالقة في المكانين تختلف بدرجة طفيفة عن بعضها

البعض في التواريخ المماثلة، ولأن تدفق النهر أمام الجعافرة خلال موسم الفيضان (إذ تُفتح بوابات تدفق المياه بخزان أسوان في معظم ذلك الموسم) هو نفس معدل التدفق أمام وادي حلفا تقريباً، فسيترتب على ذلك أن إجمالي كميات المادة العالقة المارة أمام هذين المكانين لا بد أن تكون مساوية لبعضها البعض تقريباً. وسنحصل على نتيجة نهائية عندما نضرب معدل تدفق النهر على امتداد عشرة أيام متتالية في نسب المادة العالقة خلال نفس الفترة، ثم نقارن إجمالي النتائج لموسم الفيضان بأكمله عند المكانين، كما في جدول (37)

سيلاحظ من المقارنة السابقة أن إجمالي كميات المادة العالقة المارة أمام وادي حلفا والجعافرة فيما بين 21 يوليو و30 نوفمبر 1929 كانت على الترتيب 134.53 مليون طن و127.87 مليون طن. وبذلك، فإن الفرق بين الكميتين هو خمسة بالمائة فقط، والذي لا يعد أكبر من الخطأ المحتمل حدوثه في تقدير تدفق الفيضان. وباستثناء موسم الفيضان فإن كميات المادة العالقة التي تمر بكلا المكانين في بقية فصول السنة تعد ضئيلة المقدار؛ فقد نستنتج أنه ضمن حدود خطأ الملاحظة أن مقدار إجمالي كميات المادة العالقة التي يحملها النيل سنويا قبالة الجعافرة هو نفس مقدار إجمالي المادة العالقة أمام وادي حلفا؛ وبالتالي لو كان الغرين يتراكم في خزان أسوان، فسيكون ذلك بمعدل بطيء للغاية.[3]

ويلاحظ أن كمية المادة العالقة تتناقص بشكل سريع أسفل مجرى النهر شمال الجعافرة، حسبما يتضح من إجراء مقارنة مشابهة لتلك المقارنة السابقة لإجمالي كميات المادة العالقة المحمولة قبالة وادي حلفا والقاهرة على الترتيب خلال مواسم الفيضان المتعاقبة 1929 و1930 و1931. ومع ذلك، عند إجراء هذه المقارنة نحتاج إلى أن نضع في حسباننا الوقت الذي تستغرقه مسيرة مياه النهر بين هذين المكانين، والذي يتراوح بين تسعة إلى عشرة أيام خلال مواسم الفيضان. ويعرض جدول (38) مقارنة للبيانات (استنادا على كمية تصرف النهر ونسب المادة العالقة عند وادي حلفا حسبما قاستها مصلحة الطبيعيات، ونسب المادة العالقة قبالة القاهرة حسبما قاستها وزارة الصحة العمومية) وفيه يلاحظ أن الأرقام الخاصة بالقاهرة تمتد على فترات تبدأ وتنتهي بعد تاريخ وادي حلفا بمقدار عشرة أيام، وبالتالي فهي تسمح بعمل رقم تقريبي لمعدل فترة انتقال مياه النهر بين المكانين.

إن التوافق المتعادل بعض الشيء للنسب الموجودة بين كميات المادة العالقة المارة أمام القاهرة وتلك الكميات المارة أمام وادي حلفا في مواسم الفيضان المتتالية الثلاثة - بالرغم من الفروق الكبيرة في تدفق ومحتوى المادة العالقة بالنهر في السنوات المختلفة - يُعدُّ مذهلاً، وقد يبدو من قبيل الصدفة أنه يشير الى أنه على الرغم من أن البيانات الخاصة بنسب المادة العالقة في القاهرة تعد عرضةً لمقادير كبيرة من الخطأ في حالة البيانات الفردية مقارنةً بتلك البيانات الخاصة بنسب المادة العالقة في وادي حلفا – إلا أنها تبدو في الإجمال قريبة من الحقيقة على نحو مقبول. وبذلك يبدو مؤكدا أن من بين إجمالي الـ 110 طن من المادة العالقة التي تمر أمام وادي حلفا أثناء موسم الفيضان المتوسط، يتلاشى ما لا يقل عن 52 مليون طن (ما يعادل 47.5 % إجمالي المادة العالقة في مياه النهر) بحلول الوقت الذي تصل فيه حمولة النهر إلى القاهرة. وحيث أن هناك – حسبما رأينا بالفعل – نقصا ضئيل المقدار من المادة العالقة، أو قد لا يكون

ثمة نقص على الإطلاق، فيما بين وادي حلفا والجعافرة (والواقعة شمال أسوان بحوالي 28 كم)؛ فمن الناحية العملية سيتّبع ذلك حدوث كل هذا التلاشي للمادة العالقة فيما بين أسوان والقاهرة.

وهنا يبرز السؤال شديد الأهمية بخصوص كيفية حدوث هذا النقص الكبير في المادة العالقة فيما بين أسوان والقاهرة. فمن الواضح أن جزءاً على الأقل من هذا النقص يرجع إلى ترسب الغرين على الأراضي المروية في صعيد مصر. لكن من دراسة لكميات المياه وللمادة العالقة المأخوذة من النهر عن طريق الترع والمضخات المخصصة لأغراض الري في صعيد مصر خلال مواسم الفيضانات الثلاثة 1929، 1930، 1931... سيبدو في الغالب إن ثلث إجمالي كمية المواد العالقة التي تتلاشى سنوياً بين هذين المكانين يمكن تفسيره على النحو الذي توضحه فيما يلي.

تقوم مصلحة الري كل عشرة أيام من السنة بتقدير وتسجيل كميات المياه التي تأخذها ترع وقنوات الري من النهر فيما بين أسوان والقاهرة. والكميات المسجلة لفترات العشرة أيام المتلاحقة على امتداد مواسم الفيضان 1929، 1930، 1931 موضحة في العمودين الثالث والرابع من جدول (36). لا تتوافر سجلات مماثلة لكميات المياه المأخوذة من النهر عن طريق المضخات خلال نفس الفترة، وتخضع العديد من المضخات للملكية الخاصة، ولكننا قد نتوصل إلى تقدير تقريبي لهذه الكميات بالطريقة التالية:

تقدّر مصلحة الري أنه في كل من السنوات الثلاث 1929، 1930، 1931 كانت مساحة الأرض الزراعية التي تروى بمياه النهر عن طريق المضخات (فيما بين أسوان والقاهرة) تبلغ حوالي سُدس (نحو 17 %) تلك المساحة التي تروى بانتظام عن طريق الترع والقنوات. ولأن الري بالمضخات هو في مجمله ريٌّ دائم؛ فمن الصواب أن نفترض أن كمية المياه التي تُضخ من النهر فيما بين المكانين ستبلغ – على أقصى تقدير– حوالي سدس مساحة الأرضي التي تُروى رياً دائما عن طريق الترع.

فيما يختص بنسب المادة العالقة الموجودة في المياه، والتي تأخذها الترع والمضخات في فترات العشرة أيام المتعددة (الفترات العشرية)؛ فأعتقد إننا لن نقع في خطأ كبير إذا افترضنا أن النسبة المتوسطة خلال أي فترة عشرية معينة هي المتوسط الحسابي للنسب المسجلة في وادي حلفا والقاهرة على الترتيب خلال نفس الفترة الزمنية. وإذا افترضنا افتراضاً آخر أن المصارف لا تعيد أياً من المواد العالقة المأخوذة من النهر- عن طريق المضخات والترع - إليه مرة أخرى، فمن الأرجح بالتأكيد أننا لن نبخس تقدير إجمالي كمية المادة التي أزيلت بشكل دائم من المعلق.

يعرض جدول (40) الحسابات التي أجريتها بناءً على البيانات الواردة بالأعلى من أجل التأكد بقدر الإمكان من إجمالي كميات المادة العالقة التي تلاشت من النهر فيما بين أسوان والقاهرة - بفعل الترع والمضخات - خلال مواسم الفيضان الثلاثة 1929، 1930 و 1931... أي خلال نفس الفترات التي تم فيها التأكد بالضبط من حدوث تناقص في إجمالي كميات المادة العالقة في النهر أثناء عبوره بين أسوان والقاهرة، بناءً على البيانات المسجلة. يمدنا العمود الأول من الجدول بالفترات العشرية المتتالية، والعمود الثاني به الأرقام المتوسطة بالأجزاء في المليون للمادة العالقة الموجودة في ماء النهر بين أسوان والقاهرة،

والمشتقة من الوسط الحسابي للنسب الملاحَظة والمسجَّلة عند وادي حلفا والقاهرة خلال تلك الفترات العشرية. أما العمودان الثالث والرابع فيتضمنان كميات المياه بالكيلومتر المكعب-حسبما قدرتها مصلحة الري-التي أخذتها الترع من النهر، للري بالحياض والري الدائم على الترتيب. يحتوي العمود الخامس على الكميات التقريبية من المياه التي أخذتها المضخات من النهر، بافتراض أن هذه الكميات هي سدس تلك الكميات التي تأخذها الترع والقنوات للري الدائم. يحتوي العمود السادس على إجمالي كميات المياه المأخوذة من النهر عن طريق الترع والمضخات معاً، عن طريق جمع الأرقام في الأعمدة الثلاثة السابقة، بينما يحتوي العمود الأخير على كميات المادة العالقة التي تلاشت من النهر، بملايين الأطنان، عن طريق ضرب إجمالي الكيلومترات المكعبة من الماء في الأجزاء في المليون للمادة العالقة، وقسمة الناتج على1000.

على ذلك، فمن الـ 52 مليون طن أو نحوها من المادة التي تلاشت من الحمولة العالقة في النهر فيما بين أسوان والقاهرة في غضون موسم فيضان متوسط، يمكن إثبات أن 16 مليون طن فقط قد تلاشت عن طريق الترع والمضخات التي تستمد مياهها من النهر فيما بين هذين المكانين. ولذلك، لا بد أن الـ 36 مليون طن أو نحوها قد تلاشت بطريقة أخرى، والطريقة الأخرى التي تبدو مقنعة لنا هي أنها قد ترسبت على قاع النهر، وبالتالي فإنها قد استُخدمت في رفع مستوى قاع النهر أو في زيادة "حمولة قاع " النهر.

لكن في الغالب إن عملية حسابية غاية في البساطة تُظهر في الحال كيف أن نسبة صغيرة من المادة العالقة يمكن أن تذهب الى رفع مستوى قاع النهر. يبلغ إجمالي مساحة قاع النهر فيما بين أسوان والقاهرة 850 كم تقريباً، وقد وُجد بالتجربة العملية أن طمي النيل في حالته الرطبة -حسبما أخذ من قيعان الترع والمصارف -يحتوي في المتوسط على 1^{-2} طن (أي 0.01 طن) من المادة الصلبة الجافة لكل متر مكعب. ومن ثم، لو أن كل الـ 36 مليون طن من المادة العالقة لم تترسب على قاع النهر وظلت مستقرة هناك، فستسبب رفعاً متوسطاً لقاع النهر وبالتالي للنهر نفسه، فيما بين أسوان والقاهرة، يمكن تقديره على النحو التالي:

$$4.23 = \frac{36}{850\ x\ 0.01}$$

أي أن معدل الترسيب في القاع على هذا النحو في حدود 4 سنتيمترات تقريباً، في موسم فيضان واحد. ومن المؤكد أن المستوى المتوسط لقاع النهر فيما بين هذين المكانين لا يرتفع حتى 20/1 من هذا المعدل.

لذلك من الناحية العملية، لابد أن نستنتج أن كل الـ 36 مليون طن أو نحوها من المادة الصلبة التي تتلاشى سنويا من الحمولة العالقة في ماء النيل بين أسوان والقاهرة (ما يزيد عن 16 مليون طن أو نحو ذلك تزيله قنوات الري والمضخات) يترسب على قاع النهر، وهناك يتم اكتساحه وإجلاؤه كجزء من حمولة القاع.

وبجمع استنتاجاتنا المتعلقة بما سيحدث لإجمالي كمية المواد العالقة التي تُحمل سنوياً قبالة وادي حلفا؛ فسنجد أن من الـ 110 مليون طن -أو نحو ذلك -من المادة العالقة التي تمر أمام ذلك المكان في السنة العادية، فإن حوالي 16 مليون طن (أو 14.5 %) تسحبه الترع والمصارف من النهر في صعيد مصر. و36 مليون طن (أو حوالي 33 %) من المادة العالقة تترسب كجزء من حمولة القاع، والـ 58 مليون طن المتبقية (52.5%) تظل معلقة في النهر عند مروره قبالة القاهرة.

وفيما يختص بما يمكن اعتباره إجمالي كمية حمولة القاع -التي يزيحها النهر سنويا قبالة القاهرة - فلا توجد لدينا وسائل حالياً لعمل أي تقدير موثوق به، ولم تُجر بعد أي محاولات لفحص حركة الرمال والغرين على امتداد قاع النهر. كل ما نثق في معرفته هو أنه مهما كانت حمولة القاع التي ينقلها النهر سنويا قبالة وادي حلفا، فإن كميته ستظل كما هي عند أسوان، لكنها ستزيد بمقدار 36 مليون طن تقريبا فيما بين أسوان والقاهرة. ومن المرجح أن إجمالي كمية الرمل والغرين المنقولة في صورة حمولة قاع قد تكون أكبر بكثير من تلك المنقولة في شكل حمولة عالقة.

اختلاف نسب المادة العالقة باختلاف عمق النهر

يعود الفضل في تسجيل أولى ملاحظات التحقق من نسب المادة العالقة في النيل عند أعماق مختلفة إلى مستر هيوز Hughes في عام 1917، والذي قام في 26 سبتمبر من نفس العام نسب المادة العالقة في عينات جمعت من أعماق تتراوح من متر إلى ثمانية أمتار في وسط مجرى النهر جنوب قناطر الدلتا بنحو 300 متر، حيث كان عمق النهر في ذلك الوقت 9.5 متر. ويعرض الجدول التالي النتائج التي حصل عليها، وسيلاحظ أنها تدل على حدوث زيادة مستمرة في الكمية النسبية للمادة العالقة بازدياد العمق، وأن النسبة عند مستوى 1.5 متر فوق قاع النهر تعد تقريباً ضعف النسبة عند عمق متر تحت صفحة النهر.

قام مستر بوكلي Buckley من مصلحة الري بتسجيل سلسلة أخرى من الملاحظات لنفس الغرض عام 1921، عند "البليدة "، الواقعة على مسافة 42 كم جنوب القاهرة، وجُمعت العينات من أعماق: $^{1}/_{5}$، $^{2}/_{5}$ ، $^{3}/_{5}$، $^{4}/_{5}$ من العمق الكلي للنهر، كلها عند ست نقاط موزعة عبر النهر أسبوعياً من 4 يوليو إلى 27 ديسمبر. ونرى في جدول (43) ملخصا للمتوسطات الشهرية (بالجزء في المليون) التي تم قياسها. وسيلاحظ هنا أيضاً تزايد نسبة المادة العالقة بشكل مطَّرد بازدياد العمق، وأن النسب عند عمق $^{1}/_{5}$ أدنى من المتوسط الحسابي بنحو 11% وعند عمق $^{4}/_{5}$ أعلى بنحو 13% من المتوسط الحسابي.

أجرت المصلحة الجيولوجية حسابات إضافية لنسب المادة العالقة على أعماق مختلفة في الجعافرة ووادي حلفا خلال موسم الفيضان لعام 1929، وعند وادي حلفا خلال مواسم الفيضان لعامي 1930-1931، وأخذت العينات مرتين أسبوعياً على الأقل من ثلاثة أعماق مختلفة، وكل عينة في عام 1929 و1930 أخذت من ثمان نقاط موزعة عبر النهر، وفي 1931 من خمس نقاط موزعة عبر النهر. وكان أدنى

عمق أُخذت منه العينات في كل حالة قد بلغ 50 سنتميترا فوق قاع النهر، وقد وُجد أنه لو أخذت العينات لعمق أقرب لقاع النهر من ذلك العمق السابق، فلن تكون النتائج موثوقة، لأن زجاجة أخذ العينة التي تنزل لجمع العينات ستسبب دوامات تؤدى إلى خلط العينة بكميات مختلفة من الغرين النازح من قاع النهر نفسه.

يمدنا جدول (44) بملخص لمتوسط نسب المادة العالقة التي كُشف عنها عند أعماق مختلفة من وادي حلفا خلال مواسم الفيضان لعامي 1930، 1931، بالإضافة إلى المتوسطات المماثلة كما تم حسابها عبر المقطع العرضي الكامل للنهر. وفيما يتعلق بهذه المتوسطات، يجب التنويه أنه بما أن سرعة النهر تختلف باختلاف العمق[4]؛ فإن النسبة المتوسطة للمادة العالقة في المياه المارة بالمقطع العرضي الكامل للنهر لا تعد المتوسط الحسابي المباشر للنسب عند أعماق مختلفة. وتعبر الأرقام في عمود "المتوسط الحسابي للسرعة بعد تصحيحه" عن المتوسطات التقريبية للماء المار بالمقطع العرضي الكامل للنهر، كما حُسبت من النسب المرصودة عند أعماق مختلفة، مع الأخذ في الاعتبار الاختلافات المماثلة في سرعة النهر. سيلاحظ هنا مرة أخرى أن نسب المادة العالقة تزيد باضطراد مع زيادة العمق، وأن النسبة عند أربعة أخماس العمق الكلي تعد ضعف المتوسط الحسابي بـ 1.14 مرة (وبذلك تتفق بشكل مقارب مع النتائج المذكورة سابقا عند البليدة)، وأن النسبة عند عمق 50 سنتيمتر فوق قاع النهر تعد ضعف المتوسط الحسابي بمقدار مرة وربع.

إن القيمة النسبية لمقدار المادة العالقة التي كُشف عنها عند عمق 50 سم تحت السطح في الملاحظات المذكورة بالجدول السابق، (أي 0.87 من المتوسط الحسابي للمقطع العرضي الكامل للنهر) تعد ذات أهمية خاصة حيث تمكننا من اشتقاق نسب المتوسط التقريبي للمقطع العرضي الكامل للنهر عند القاهرة بناء على الحسابات الأسبوعية التي تجريها هناك مصلحة الصحة العمومية في هذه السنوات وغيرها، وقد جُمعت العينات الخاصة بها من عمق نصف متر تحت صفحة الماء في منتصف المجرى.

حجم الجزيئات العالقة

تتكون المادة العالقة لماء النيل في الأساس من مواد معدنية في حالة جزيئات شديدة النعومة، فنادراً ما يتعدى قطر أكبر الجزيئات $^1/_5$ ملليمتر، بينما يعد أصغر الجزيئات شديد الضآلة لدرجة أنه من النادر أن تظهر تحت أعلى تكبير للميكروسكوب. النسب التي توجد بها الجزيئات ذات الأحجام المختلفة يمكن التحقق منها عن طريق التحليل الميكانيكي، وطريقته المعتادة هي فصل الجزيئات التي تتكون منها المادة العالقة إلى أربع فئات، تتضمن كل فئة حجماً معيناً لقُطر الجزيئات، كما يلي:

1. **الرمل الخشن**، يتكون من جزيئات يزيد قطرها عن 0.2 ملم. هذه الجزيئات تُفصل عن بعضها بواسطة النخل بغُربال ذي فتحات شبكية ملائمة قبل المضي في المزيد من الاجراءات.

2. **الرمل الناعم**: يتكون من جزيئات يتراوح قطرها بين 0.2 و0.02 ملم، ويستغرق إرسابها أقل من 4- 8 دقائق في معلق مائي قدره 10 سنتيمترات.

3. **السلت Silt (الغرين)**: يتكون من جزئيات يتراوح قطرها بين 0.02 و0.002 مم، والتي يستغرق إرسابها ما يزيد على 4-8 دقائق، ولكن لأقل من ثماني ساعات في معلق مائي قدره 10 سنتيمترات.

4. **الصلصال**: يتكون من جزيئات قطرها أقل من 0.002 مم، والتي يستغرق إرسابها ما يزيد عن ثماني ساعات في معلق مائي قدره 10 سنتيمترات.

وقد قام السيد فيكتور موصيري بشكل شهري منتظم فيما بين ديسمبر 1924 ويوليو 1927بإجراء تحليلات ميكانيكية للمادة العالقة المحمولة في النيل عند القاهرة، على عينات جُمعت من عمق مترين تحت سطح النيل في البحر الأعمى قرب كوبري الإنجليز([5]). وقد أمدنا المتوسط الحسابي لإحدى وثلاثين تحليلا بالنسب المئوية التي يعرضها جدول (45)

يتكون جزيء الصلصال من مادة شديدة النعومة لدرجة أنها لا تترسب حتى عند ركودها لفترة زمنية طويلة؛ فهي بالتالي ذات طبيعة متضاربة. وقد حدد مستر موصيري – بناء على 18 عينة من الإحدى وثلاثين التي اختبرها – نسب المادة التي تظل معلقة بعد ركودها لمدة ثلاثة شهور، ووجد أن متوسطها يبلغ حوالي 7.5 % من إجمالي المادة العالقة الأصلية أو حوالي 12.1 % من نسبة جزيء الصلصال.

وقد وجد موصيري أن نسب الأحجام المختلفة من الجزيئات يتباين باختلاف السنوات وفصول السنة أيضاً، ففي خلال موسم الفيضان مقارنة ببقية فصول السنة تكون نسب الرمل الناعم والغرين أكبر مقداراً بينما تكون نسب الصلصال أقل، كما يوضح جدول(46) .

وعند وادي حلفا قامت مصلحة الطبيعيات بحساب النسب المئوية للجزيئات متغيرة الأحجام في المادة العالقة للنهر، على فترات أسبوعية خلال موسمي الفيضان لعام 1930 و1931، وجُمعت العينات في كل موسم من 24 – 36 نقطة في المقطع العرضي للنهر، وأُرسلت للتحليل الميكانيكي بالطريقة المذكورة سابقا.

لا توجد نسبة ملحوظة للرمل الخشن (أية حبيبات يتعدى قطرها 0.2 مم) في أي من العينات التي جرى فحصها، على الرغم من أن حبيبة واحدة كانت موجودة داخل عينة أو عينتين. في جدول (47) نجد المتوسط الشهري للنسب المئوية من الرمل والغرين والصلصال للمقطع العرضي الكامل في النهر، وصُححت من أجل التغيرات في سرعة النهر حسب العمق.

سيلاحظ من جداول (47، 48، 49) أنه في كلا العامين 1930 و1931 تزايدت نسبة الرمل الناعم وتضاءلت نسبة الغرين والصلصال مع تقدم موسم الفيضان. وكذلك بالقرب من قاع النهر كان

متوسط النسبة المئوية للرمل الناعم أكبر بمقدار الضعف تقريبا، ومتوسط النسب المئوية للغرين والصلصال كان أكبر بمقدار الثلثين تقريبا عن النسبة قرب السطح.

لو قارنّا الآن متوسط النسب المئوية للرمل والغرين والصلصال التي كشفتها مصلحة الطبيعيات بوادي حلفا خلال شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر لعامي 1930 و1931 مع تلك النسب في القاهرة خلال الشهور المماثلة، لسنتي 1925 و 1926 (والتي كانت 0.02 للرمل الخشن، 17.5 للرمل الناعم، 26.5 لنسبة السِلت، 55.7 للصلصال)؛ فسنُفاجأ في الحال بمدى عظم الاختلافات بين النسب المئوية الناتجة عند كلا المكانين، على النحو الذي يبينه جدول (50)

تبدو أرقام الفرز أكبر بكثير من أن نجد لها تعليلاً عن طريق المقارنة لكونها بالضرورة وسيلة ناقصة، نتيجة لأن مجموعتيْ الأرقام تقوم على ملاحظات سجلت خلال مجموعتين مختلفتين من السنوات، ولأن النسب عند وادي حلفا تشير إلى المقطع العرضي الكامل للنهر بينما تلك النسب الخاصة بالقاهرة تشير إلى عمق قدره متران تحت سطح النهر في منتصف المجرى.

ولكن أرقام الفرز هذه من السهل تعليلها عندما نضع في حسباننا النتائج التي توصلنا إليها سابقا، والتي تشير إلى أن إجمالي كمية المادة العالقة التي تمر بوادي حلفا خلال موسم فيضان متوسط، يتلاشى منها حوالي 14.5 %عن طريق المضخات والترع التي تُسحب من ماء النهر في صعيد مصر، و33% إضافية تترسب على قاع النهر فيما بين أسوان والقاهرة وتكتسح منه كجزء من "حمولة قاع " النهر.

أما مقدار الـ 33% التي تترسب على قاع النهر فإنها بالطبع ستتكون في الأساس من جزيئات أكبر حجما، أي من الرمل والسلت، مع نسبة صغيرة نسبياً من الصلصال. لذلك يجب أن نتوقع أنه عند القاهرة ستكون النسب المئوية المجمّعة من الرمل والسلت المتخلفة في النهر أقل بنسبة 25 أو 30 % تقريبا، والنسب المئوية من الصلصال ستكون أعلى بنسبة 25 أو 30 % تقريبا، مقارنة بتلك النسب عند وادي حلفا، وهذا بالضبط ما تدل عليه المقارنة المذكورة بالأعلى.

الحقيقة التي لوحظت أن المادة العالقة في النهر عند القاهرة تحتوي على نسبة صغيرة من الحبيبات الرملية (0.2 في المائة) قطرها أكبر من 0.2 مم، بينما تلك الموجودة عند وادى حلفا خالية من مثل هذه الحبيبات، هي بلا شك نتيجة لأن كمية معينة من الرمال التي تذروها الرياح من الصحراء قد انجرفت إلى الضفاف المنحدِرة للنهر بين مستوىً الفيضان والتحاريق في صعيد مصر، وذلك خلال موسم التحاريق، ثم تُكتسح عند ارتفاع النهر في مرحلة الفيضان التالية.

التركيب المعدني للمادة العالقة

إن الخصائص المعدنية للجزيئات الأكبر حجما في المادة العالقة (أي تلك التي تُوصف في التصنيف الميكانيكي باسم الرمال، ونسبة كبرى من تلك المصنفة باسم السِلت) تعد قابلةً للتعرف عليها ولحساب

مقاديرها عن طريق الفحص الميكروسكوبي، الذي يبين أنها تتكون أساسا من قطع بِلّورية زاويّة الشكل من الكوارتز والفلسبار والهورنبليند والاوجيْت augite والميكا والسفين sphene والأبتايت apatite والماجنيتيْت magnetite والإلمينيْت ilmenite، ومعادن أخرى من الواضح أن مصدرها هو تفكك الصخور النارية والمتحولة، بالإضافة إلى مقدار ضئيل من حبيبات أكسيد الحديد الذي تعرض لتفاعل كيميائي بالتميؤ hydrated وكسر صغيرة جدا، وجدت بشكل عارض، من الحجر الجيري. مع ذلك، يصعب تحت الميكروسكوب تمييز طبيعة الجزء المفتت في المادة العالقة الأكثر نعومة من الأجزاء السابق ذكرها، بسبب دقة الجزيئات المكونة له. وهذا ينطبق بالذات على الجزيئات المصنفة في التحليل الميكانيكي باسم " الصلصال Clay"، إذ أن أكبر جزيئاته شديدة الصغر لدرجة أن مساحة ملليمتر مربع تحتاج ربع مليون جزئ منها، بينما أصغر جزيئاته (وهي تلك التي يتكون منها الجزء الغروي من الصلصال) شديدة الصغر من أن تُكشف، حتى باستخدام أقصى قوى للتكبير الميكروسكوبي.

ولذلك، من أجل توضيح طبيعة هذه الجزيئات متناهية الصغر، لابد أن نعتمد حينئذٍ على التحليل الكيميائي. وكما سنرى فيما بعد، فهذا التحليل سيدل على أن حوالي 24% من وزن الجزيئات المصنفة كصلصال في التحليل الميكانيكي، وحوالي 10 % من وزنها المصنف كغرين (سلت)، يتكون من الكاولين kaolin؛ بينما بقية الوزن في كلا الحالتين يتكون أساساً من معادن من نفس الأنواع المكونة للجزيئات الأكبر حجما. وبالطبع يعد الكاولين ناتجاً عاماً للتحلل الناشئ عن تجوية صخور الفلسبار، وبالتالي فإننا نستنتج من الناحية العملية أن إجمالي المادة العالقة التي يجلبها النيل اشتقت من صخور نارية ومتحولة تحت ظروف التجوية.

التركيب الكيميائي للمادة العالقة

ندين بالفضل في أولى التحليلات الكيميائية للمادة العالقة في النيل التي استطعتُ اقتفاءَها إلى التحليل الذي أجراه برازيَر Brazier في لندن على عينة أخذت من نهر النيل قبالة القاهرة خلال فيضان 1850. وبعد مرور خمسة وعشرين عاماء تقريبا، أُخذت مجموعة من العينات عام 1874 خلال أشهر الفيضان وخلال الأشهر الباقية من ذلك العام، وأرسلها السير جون فاولر John Fowler إلى لندن وقام بتحليلها دكتور ليتيبي Letheby. منذ ذلك الحين أُجرى عدد من التحليلات في القاهرة على يد العديد من الكيميائين في سنوات مختلفة، كان أولها عبارة عن ستة تحليلات أجراها مستر بيرنس Burns على عينات أُخذت خلال الفيضان لعامي 1888 و 1889، كما أجرى مستر لوكاس Lucas تحليلاً على عينة أخذت خلال فيضان عام 1906، ثم اجرى مستر فيكتور موصيري سلسلة طويلة من التحليلات أخذت في شهور مختلفة من السنوات الثلاث 1925 – 1927. ويعطي جدول(51) ملخصا لنتائج التحليلات المذكورة آنفاً.

وبالطبع لا تعد النتائج المختلفة الموجودة في الجدول متساوية في القيمة. ولم تكن التحليلات الأولى ناقصة فحسب، بل كانت مليئة بأخطاء هائلة نتيجة لاستعمال وسائل تحليلية غير مكتملة أيضاً. كانت الطريقة المعتادة للتحليل حتى نهاية القرن التاسع عشر هي "التحلل في الحمض digestion in acid "، ولم

يكن تحلل السليكات في هذه العملية يتحقق بشكل كامل، ومن ثم التقدير الحسابي للسليكا مرتفعا على نحو ثابت، وكانت تلك التقديرات الخاصة ببعض العناصر الأخرى – خاصة الحديد وأكاسيد الألومنيوم والمغنيسيوم - منخفضة جدا، وكان يُعتقد، على نحو خاطئ في ذلك الوقت، أن فقدان وزن العينة بعد التسخين كان في الإجمال راجعاً إلى احتراق المادة العضوية، وكانت تقديرات المادة العضوية على نحو ثابت شديدة الارتفاع.

وعلاوة على ما سبق كان هناك مصدر آخر للخطأ في تحليل برازير الذي سجل نتائجه – كما سنرى – في صيغة مختلفة نوعا ما عن بقية الباحثين الآخرين، ومصدر الخطأ أن العينة التي حصل عليها عن طريق ترشيح بطيء للمياه عبر مرشح من الخزف بالإضافة الى التبخر، كانت تحتوي على نسبة صغيرة من المادة الصلبة التي ترسبت عن المحلول مع المادة العالقة، وهذا بلا شك يرجع إلى كلوريد الصوديوم الموجود في هذا التحليل بالذات، وأيضا إلى كبريتات الكالسيوم وجزء من كربونات الكالسيوم.

وفي التحليلات التي جرت لاحقا (على يد لوكاس في 1906 وموصيري في 1925 – 1927) استُخدمت طريقة الانصهار fusion، بما يضمن بالتالي تحلل كامل للسليكات، وكان أكسيد التيتانيوم Titanium oxide من جملة العناصر التي كُشف عنها، وتم بوضوح إثبات حقيقة أن فقدان الوزن عند التعرض للهب كان بسبب اشتعال المادة العضوية من ناحية، ومن ناحية أخرى بسبب طرد الماء المركب من الجزء المعدني من المادة العالقة.

ومع ذلك فقد وُجد أن التقدير الحسابي للمادة العضوية والماء المركب بشكل منفصل غير قابل للتطبيق عملياً بأية وسائل تحليلية مباشرة. وقد حاول مستر لوكاس أن يحدد نسبة الماء المركب بشكل منفصل عن طريق فقدان الوزن عند تسخين العينة لدرجة حرارة أقل من درجة الحرارة اللازمة للاشتعال، لكنه حتى في هذه الطريقة وجد أن القليل من مادة عضوية طيَّارة وبعض الماء الناتج عن تحلُّل المادة العضوية كانا يتلاشيان مع الماء المركب. ومن ناحية أخرى، فإن مستر موصيري قد لجأ إلى طريقة الاشتعال الكامل من أجل تحديد مشترك لكل من نسب المادة العضوية والماء المركب (استبدال أي اجزاء من ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن أن يكون قد تبخر من هذه العناصر عن طريق إعادة كربنة البقايا المشتعلة قبل وزنها من أجل تحديد "الفاقد بعد الاشتعال")، وكذلك فقد حدد نسبة الكربون العضوي في عينة منفصلة، وحينئذ اتضح أن نسبة المادة العضوية الموجودة يمكن حسابها على وجه التقريب عن طريق افتراض أن المادة العضوية تحتوي على نسبة مئوية معينة من الكربون، وإيجاد نسبة الماء المركب عن طريق الفرز الكيميائي.

وبناءً على ما ذُكر في الفقرة السابقة، سيتضح أن التحليلات الوحيدة للمادة العالقة التي يمكن التعويل عليها بدرجة كبرى هي التي أجراها لوكاس في 1916، وكذلك التي أجراها موصيري في عام 1925 – 1927. لكن بينما قامت نتائج لوكاس على تحليل واحد فقط غير مكتمل أُجري خلال موسم الفيضان، فإن نتائج موصيري قد قامت على سلسلة من 18 تحليل مكتملة تقريبا، أُجريت عند فصول مختلفة خلال

ثلاثة أعوام متتالية. ولذلك، في المناقشة الآتية، سندرس فقط تحليلات موصيري لأعوام 1925 – 1927، وسنستبعد كل التحليلات السابقة عليه.

إن الثمانية عشرة عينة للمادة العالقة التي حللها موصيري بالنتائج الملخصة في العمودين الأخيرين من جدول(52) كانت عينات كبيرة، وكل عينة منها مكونة من عينات مفردة جُمعت على فترات أسبوعية خلال شهر معين من عمق مترين تحت صفحة النهر في منتصف المجرى. وكانت الشهور التي أُخذت فيها العينات هي: يوليو، سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر، لعام 1925. ويناير، يونيو، سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر، ديسمبر لعام 1926. ويناير، فبراير، مارس، أبريل، يونيو، يوليو، سبتمبر لعام 1927. وعلى ذلك، توفر تحليل واحد على الأقل لكل شهر من السنة ما عدا شهر أغسطس، بينما في بعض الشهور كان يُجرى تحليلان – وفي حالة واحدة ثلاثة تحليلات – في سنوات مختلفة. ويعرض جدول (52) للمتوسط الحسابي للنتائج في الشهور المختلفة من السنة.

لكي نكشف عن نسب المادة العضوية والماء المركب التي تشكل جميعها "الفاقد عند الاشعال " التي سجلها موصيري في التحليلات بالجدول السابق، فعلينا طرح بعض الافتراضات بشأن النسب المئوية للكربون المتضمن في المادة العضوية. من المعتاد في تحليل التربة أن نفترض أن المادة العضوية الموجودة في التربة تتكون من الكربون بنسبة 58 في المائة، ومن الجائز أننا لن نخطئ بدرجة كبيرة في تبني نفس الافتراض بشأن نسبة المادة العضوية في المادة العالقة في مياه النيل، حيث إن المادة العالقة في النهر هي التي تشكل تربة مصر. وبالاستعانة بنتائج موصيري، يمكننا ضرب النسبة المئوية الشهرية للكربون العضوي في 1.74 (المعكوس الضربي([6]) للقيمة 0.58.) سنحصل حينئذ على النسب المئوية للمادة العضوية؛ وبطرح هذه النسبة المئوية من الفاقد عن الاشعال سينتج النسب المئوية للماء المركب الموجود. ومن ثم، قد نستبدل أرقام موصيري " للفاقد عن الاشعال " بتلك الأرقام الموضحة في جدول (53).

وبإلقاء نظرة سريعة على المقادير الإجمالية الشهرية للنسب المئوية التي كُشفت في تحليلات موصيري كما في جدول(52)، سيلاحظ أنه في كل حالة كانت الأرقام تتجاوز 100 %. لا يعد المقدار الزائد عن 100 ناتجاً (كما يبدو من أول وهلة) عن أخطاء محدودة في تقدير العناصر المختلفة المسجلة في التحليلات (على الرغم من أن الأخطاء المحدودة من هذا النوع لا بد أن تحدث بالطبع)، بل بشكل أساسي يرجع الى حقيقة أنه ليست كل العناصر التي تتكون منها المادة العالقة موجودة فيها بالصور المركّبة التي سُجلت بها في التحليلات. وليس كل الحديد الموجود في المادة العالقة موجوداً في شكل أكاسيد الحديد، فهو يوجد في الهورنبلند والأوجيْت والميكا جزئيا، وفي البيريت. أما المنجنيز، فبدلا من وجوده بشكل كلي في صورة ثاني أكسيد المنجنيز، فموجود جزئياً في صورة أكسيد المنجنيز MnO . وأنهيدريت الكبريت المسجلة في التحليلات لا يمكن أن توجد بهذه الصورة المذكورة في المادة العالقة (لأن كل الكبريتات ماعدا كبريتات الباريوم قابلة للذوبان، ولم يتم الكشف عن الباريوم barium في التحليلات) لكنها لا بد أن تمثل الكبريت (الموجود جزئيا في المادة العضوية وجزئيا بالاشتراك مع الحديد في صورة بيرايت pyrites) الذي تأكسد وتحول الى أنهيدريد الكبريت خلال عملية الانصهار المستخدمة في إجراء التحليلات.

إن إجراء محاولة لتعديل التحليلات للحالات التي يوجد فيها الحديد والمنجنيز بصورة فعلية بالمادة العالقة - بدراسة المعادن القابلة للكشف عنها تحت الميكروسكوب ونسبها التقريبية النسبية - يعد إجراء لا طائل منه، بسبب الفروق الكبيرة في التركيب الذي تتكون منه العديد من هذه المعادن. لذلك، ما دمنا مهتمين بأكاسيد الحديد والمنجنيز، فلا بد أن تكون مقتنعين باستبدال التعبيرات الاكثر صحة فـ" الحديد الكلي " يعبَّر عنه بأكسيد الحديد، و" المنجنيز الكلي " يعبَّر عنه بثاني أكسيد المنجنيز"؛ لأن تعبيرات "أكسيد الحديد" و"ثاني أكسيد المنجنيز" استُخدمت أساساً في تسجيل النتائج التحليلية. ومع ذلك، فمن الممكن إجراء تعديل فيما يختص بالكبريت، حيث بإجراء عملية ضرب للنسب المسجلة لأنهيدريت الكبريت في 0.40 يمكننا الحصول على تلك النسب الخاصة بالكبريت الكلي الموجود، وإذا استطعنا التحقق من نسب الكبريت التي تضمنتها بالفعل التقديراتُ الحسابية للمادة العضوية، وبخصم هذه النسب من النسبة الكلية للكبريت ستنتج نسب الكبريت غير العضوي، الذي سيحل محل نسب أنهيدريت الكبريت في التحليلات.

عند تقدير المتوسط الحسابي للنسب المئوية الشهرية للعناصر المختلفة كما حُسبت من تحليلات مستر موصيري، سيلاحَظ أن نسب كل من الكبريت الكلي (المعبر عنه بأنهيدريت الكبريت في التحليلات) والمادة العضوية، تخضع لزيادة شديدة الوضوح في يونيو (أي في الشهر الذي تظهر فيه " المياه الخضراء ") ويزيد كلاهما بدرجة أعلى بكثير في يونيو ويوليو عن مقدارهما في نوفمبر وديسمبر. ونظراً لأن التغيرات الموسمية في نسب العناصر الأخرى من المادة العالقة تعد كلها نسبياً أقل وضوحا بكثير، فقد نستنتج على نحو صائب أن الفروق في نسب الكبريت الكلي في كلا الفصلين تعد في الأساس نتيجةً للاختلاف في نسبة المادة العضوية الموجودة.

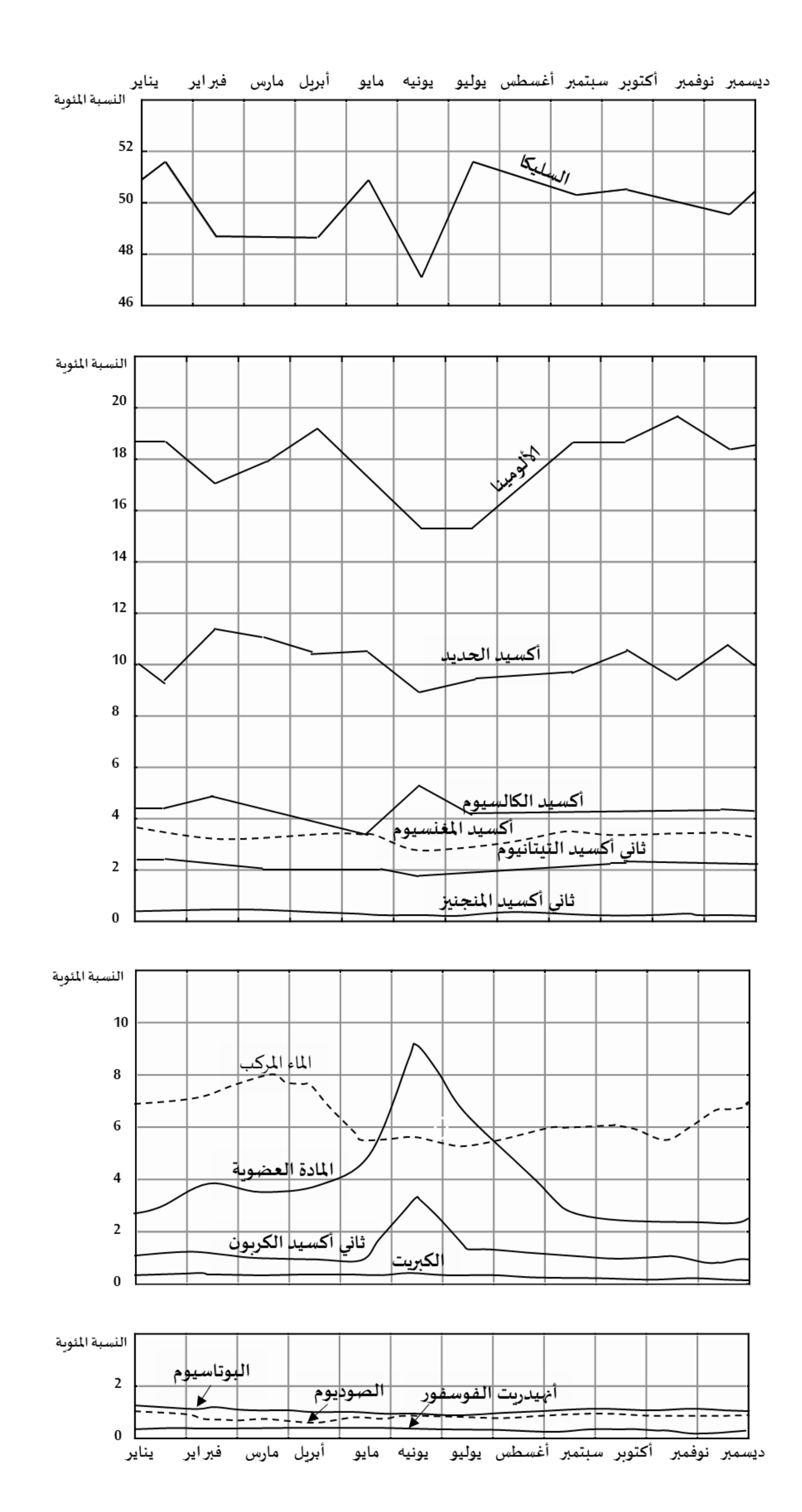
فإذا كان الآن الفرق 0.148 في النسبة المئوية للكبريت الكلي هو في الأساس نتيجةً لفرق قيمة 5.050 في النسبة المئوية للمادة العضوية، فسيتلو ذلك أن 100 جزء من المادة العضوية لابد أن يحتوي في المتوسط على حوالي 2.6 جزء من الكبريت. وباتخاذ هذه النسبة لكل الشهور، فستكون لدينا النسب المئوية المتوسطة لكل شهور السنة على النحو الذي يعرضه جدول (55).

وبتطبيق النتائج التي توصلنا إليها في التفاصيل السابقة بخصوص المتوسطات الحسابية الناتجة عن تحليلات موصيري كما في جدول (52)، فستكون لدينا النتائج التالية التي يعرضها جدول(56) بخصوص التركيب الكيميائي المتوسط للمادة العالقة في النيل عند القاهرة في شهور السنة المختلفة.

يعرض شكل(28) لمسار التغيرات من شهر إلى شهر في النسب المئوية للعناصر الأساسية للمادة العالقة، مصوَّرة برسم بياني. ولعل أكثر الخصائص لفتاً للنظر في هذا الشكل هي الزيادة الكبرى في النسبة المئوية للمادة العضوية، والتي تحدث في الفترة الأولى من الصيف وتصل إلى ذروتها في يونيو، حيث ترتفع نسبة المادة العضوية إلى ما يزيد عن 9 بالمائة. وحيث إن أي زيادة في نسبة المادة العضوية تتضمن بالضرورة نقصانا في نسبة إجمالي المواد غير العضوية، فلن يكون مفاجئاً أن نسب معظم عناصر المواد غير العضوية تكون في أقل مستوياتها في يونيو. لكن سيلاحَظ أن نسب الجير وحمض الكربونيك تعد استثنائية

في هذا الخصوص، فكلاهما ترتفعان -مثل المادة العضوية -إلى أقصى مستوياتهما في يونيو، ويبدو من شبه المؤكد أن التغيرات في نسب كربونات الكالسيوم من ناحية، وفي نسب المادة العضوية من ناحية أخرى لا بد أن ترتبطا ببعضها البعض بطريقة ما. من السهل تفسير هذه العلاقة عندما ندرس التغيرات الموسمية في تركيب المادة العالقة، وكذلك التغيرات في تركيب المادة المذابة والتي ناقشناها في الفصل السابق

وبالرجوع إلى جدوليَّ (15) و (19) (في صفحة 97 و102 من الأصل الإنجليزي) سيلاحَظ أن نسبة الكربونات المذابة العادية، تمييزا لها عن البيكربونات – تكون في أعلى مستوياتها في شهر يونيو، وتكون نسبة الكالسيوم في الوقت نفسه في أدنى مستوياتها. ونستخلص من ذلك أنه لابد أن الزيادة التي تحدث في النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم بالمادة العالقة وفي النسبة المئوية للكربونات العادية بالمادة المذابة تكون في شهر يونيو تقريباً، وكذلك بعض التناقص في النسبة المئوية للكالسيوم بالمادة المذابة -والذي يلاحَظ في نفس الفصل من السنة -يحدثان نتيجة تأثير ارتفاع المادة العضوية التي توجد حينئذ بكميات كبيرة في المادة العالقة، وليس من الصعب تصوير تلك الحالة بشكل فعلي. فالمادة العضوية العالقة (والتي تؤدي زيادتها في شهر يونيو إلى حدوث الظاهرة السنوية المعروفة باسم " المياه الخضراء") تتألف أساسا من الطحالب الخضراء، والتي يتوقف نموها على وفرة حامض الكربونيك، وعلى امتصاص بعض من ثاني أكسيد الكربون – الموجود في صورتين سائبة ومركبة – من البيكربونات المذابة في الماء؛ وهو ما يؤدي بالطبع إلى أن يتحول جزء من بيكربونات الكالسيوم المذابة إلى كربونات عادية، وسيظل جزءٌ من تلك الأخيرة مذابا. بينما بقيتها (بسبب ترسبه) يصير جزءاً من المادة العالقة.



شكل28: رسم بياني يوضح التغيرات من شهر إلى شهر في النسب المئوية للعناصر الكيميائية المختلفة الموجودة في المادة المعلقة بالنيل عند القاهرة، حسبما استُدل عليها من تحليلات مستر موصيري لأعوام 1924 – 1927 (المنحنى الخاص بالكبريت يمثل إجمالي الكبريت، العضوي وغير العضوي).

ومع ذلك، يجب عند دراسة التغير في تركيب المادة العالقة في شهور السنة المختلفة، أن نضع في حسباننا أنَّ نقْل ما يزيد عن 97 بالمائة من إجمالي المادة العالقة التي يحملها النيل سنوياً قبالة القاهرة يحدث خلال شهور الفيضان الأربعة (أغسطس – نوفمبر)، وأقل من 3 بالمائة يُنقل خلال الشهور الثمانية الباقية من السنة، ومن ثم، فإن النسب المئوية الكبيرة والإضافية من المادة العضوية وكربونات الكالسيوم الموجودتين في المادة العالقة خلال شهر يونيو – عندما يكون إجمالي المادة العالقة صغيراً جداً في حد ذاته – يمكن ألا يترك سوى تأثير محدود على متوسط تركيب المادة العالقة ككل. ولهذا السبب لم أضف المتوسطات الحسابية السنوية للشهور الاثني عشر إلى جدول المتوسطات الشهرية القائمة على تحليلات مستر موصيري للمادة العالقة. ومن أجل التركيب الكيميائي للمادة العالقة المحمولة قبالة القاهرة في الاجمال، يمكن إيجاد نسبة تقريبية مقاربة عن طريق أخذ النسب المئوية المتوسطة للعناصر المختلفة الناشئة عن التحليلات السبعة التي أُجريت جميعها خلال شهور الفيضان الأربعة (أغسطس – نوفمبر)، والتي ستمدنا بجدول (57).

ويلاحظ في الجدول أن الزيادة فوق 100 % في إجمالي النسب المئوية يعد في الأساس نتيجة لأن جزءا من الحديد يوجد في حالات أكسدة أقل، مقارنة بحالات الأكسدة في أكسيد الحديد.

هناك اهتمام خاص يرتبط بنسبة الماء المركب الموجود في المادة العالقة، حيث أنها تمدنا ببيان تقريبي لما يتعلق بنسبة المعادن الصلصالية من نوع الكاولين التي يمكن أن تحدد نسبها المئوية بجانب تلك المعادن القابلة للكشف تحت الميكروسكوب. وسيلاحظ أن إجمالي كمية الماء المركب combined water يصل متوسطها لحوالي 6 % من إجمالي المادة العالقة. ونظراً لأنه اتضح عدم صحة الحسابات القائمة على كل من الطبيعة والنسب المئوية التقريبية لهذه المعادن القابلة للكشف عنها تحت الميكروسكوب وعلى نسبة أكسيد الحديد المعرض للتميؤ hydrated (وفقا لما تم تقديره بالفحص الميكروسكوبي وتقدير إجمالي أكسيد الحديد الناتج عن التحليل). وكان من علامات عدم صحة هذه الحسابات أن حوالي ثلث هذه الكمية الكلية للماء المركب يمكن أن تكون موجودة في هذه العناصر؛ فلا بد أن نستنتج أنه من بين الستة أجزاء في المائة من الماء المركب، حوالي 4 أجزاء موجودة في الكاولين أو في المادة المعدنية الكاولينية والتي لا تخضع لتحديد هويتها تحت الميكروسكوب نتيجة لتجزئتها في حالة ناعمة جداً، ونظراً لأن الكاولين ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) يحتوى 13.9 % من وزنه على الماء المركب، فإننا نستنتج أنه لا بد أن هناك تقريباً حوالي: $\frac{4\ x\ 100}{13.9}$ وهو ما يساوي 28.8 % من الكاولين موجود في المادة العالقة.

هناك طريقة أخرى قد نجد بها حلا لمسألة نسبة الكاولين، أو المعادن الكاولينية، في المادة العالقة، وذلك بطريقة أخرى غير الطريقة المذكورة بعاليه التي أولينا فيها أهمية لنتائج التحليل الكيميائي للمادة العالقة ككل، وبدلا من ذلك نولي عناية أكبر لنتائج التحليل الكيميائي لجزئيات الرمل والغرين والصلصال في المادة العالقة، كلٌّ على حدة، عن طريق التحليل الميكانيكي، بالطريقة المذكورة في مستهل هذا الفصل.

فبالإضافة الى الثمانية عشر تحليل للمادة العالقة ككل -التي نوقشت في الفقرة السابقة- فقد أجرى مستر موصيري سلسلة تتكون من سبع مجموعات من التحليلات الكيمائية لجزيئات الرمل والغرين والصلصال للمادة العالقة الموجودة في النهر عند القاهرة في شهري سبتمبر ونوفمبر لعام 1925، وأكتوبر ونوفمبر لعام 1926، ومارس ويوليو وسبتمبر لعام 1927 على الترتيب. في هذه التحليلات التي أجريت للجزئيات المنفصلة، لم تحدَّد نسب الكربون العضوي، بحيث أننا لا نستطيع التحقق من نسب المادة العضوية التي دخلت في "الفاقد عند الاشتعال" بنفس الطريقة المتبعة في حالة تحليلات المادة العالقة ككل. مع ذلك، فإن نسب النيتروجين العضوي قد جرى تحديدها في بعض التحليلات التي أجريت على الجزيئات المنفصلة، ولأن نسبة النيتروجين إلى الكربون في المادة العضوية (حسبما استُنتجت من متوسط الإثنى عشر تحليلاً الكبيرة، التي تم فيها تحديد نسب كلا هذين العنصرين من المادة العضوية) كانت $\frac{1}{9.4}$ ؛ فقد نفترض ان المادة العضوية تحتوي على متوسط $\frac{1}{9.4}$ من 58 %، أو 6.2 %، من وزنها على النتروجين، ومن ثم نحسب النسب التقريبية من المادة العضوية عن طريق ضرب النتروجين في $\frac{100}{6.2}$ أى في 16. وباتخاذ هذه الطريقة لحساب نسب المادة العضوية، وباتباع نفس الإجراء السابق بتقدير نسب الكبريت العضوي وغير العضوي المماثلة لتلك النسب لأنهيدريت الكبريت المسجلة في التحليلات، فإن متوسط النسب الناتجة للعناصر الكيميائية المختلفة في جزيئات الرمال والغرين والطمي على الترتيب، من مجموعات التحليلات السبع يكون كما نراه في الجدول (58)، الذي أدرجتُ فيه – من أجل تيسير المقارنة –عموداً يتضمن الأرقام الناتجة للمادة العالقة ككل بناءً على التحليلات الكبرى المماثلة. إن المقادير المفرطة الزائدة عن 100 في إجمالي النسب المئوية للعناصر المختلفة التي كُشف عنها، تعد هنا – كالسابق – ناتجة بشكل أساسي عن أن جزءاً من الحديد يعد في حالة أكسدة أقل مقارنةً به في حالة أكاسيد الحديد. (وصلت متوسط نسب جزيئات الرمل والغرين والصلصال التي حُللت إلى14 و 26 و 60 % على الترتيب، من إجمالي المادة العالقة).

سيلاحَظ من جدول (58) أن النسب المئوية لأكسيد الألومنيوم والماء المركب في المادة العالقة تعد أكبر في حالة تحليل جزيئات الغرين، وأكبر بكثير في حالة جزيئات الصلصال، مقارنةً بجزيئات الرمل. بينما تتناقص النسبة المئوية للسليكا بانتقالنا من الرمل إلى الغرين، ومن الغرين إلى الصلصال. هذه الاختلافات في النسب المئوية لأكسيد الألومنيوم والماء المركب والسليكا في الجزيئات الثلاثة تعد تماماً ذات نوعية وترتيب كبيريْن يجب أن نتوقعه إن كان القليل من الكاولين – أو في الغياب التام للكاولين -موجوديْن في جزيئات الرمل، وكمية معتدلة منه في جزيئات الغرين، وكمية هائلة منه في جزيئات الصلصال. بلا شك تعود الفروق الخاصة بالسليكا في الجزيئات الثلاثة إلى الاختلافات في نسب الكوارتز والكاولين، مقارنة بالمعادن الاخرى، لكن الفروق الخاصة بأكسيد الألومنيوم والماء المركب قد يُفترض – على نحوٍ صائب – أن سببها في الإجمالي هو الاختلافات في نسبة الكاولين الموجودة في الجزيئات الثلاثة، وباتخاذ الافتراض الإضافي (الذي يؤكده لنا الميكروسكوب في الغالب وإن لم يكن صحيحاً بشكل كامل) أنه لا توجد على الإطلاق أي مادة كاولينية في جزيئات الرمل بالمادة العالقة؛ فقد نستخدم الاختلافات في النسب المئوية للألومنيا والماء المركب الناتجة عن التحليل للثلاثة جزيئات لحساب نسبة الكاولين الموجودة بجزيئات الغرين والصلصال في المادة العالقة على الترتيب. في البداية، إذا وضعنا في الاعتبار النسب المئوية الناتجة عن تحليلات الثلاثة

جزيئات؛ أي: 12.34 في جزيء الرمل، 14.83 في جزيء الغرين، 21.04 في جزيء الصلصال، فلنفترض أنه لا يوجد كاولين في جزيء الرمل وأن جزيء الغرين وجزيء الصلصال يحتويان على K و K` في المائة على الترتيب من وزنهما من الكاولين، بينما النسبة المئوية للألومنيا في المعادن بخلاف الكاولين هي نفس نسبتها في جزيء الرمل. إذاً، حيث أن الكاولين يحتوي على أكسيد الألومنيوم بنسبة 39.5 في المائة من وزنه، سيكون لدينا لجزيء الغرين:

$$0.395\ k + 0.1234(100-k) = 14.83$$

حيث $9.2=k$

ولجزيء الصلصال:

$$0.395\ k` + 0.1234(100-k`) = 14.83$$

حيث $32=k`$

ونظرا لأن جزيئات الغرين والصلصال تؤلف على الترتيب 20 % في المائة من إجمالي المادة العالقة، فإن النسبة المئوية للكاولين في المادة العالقة ككل هي:

$$0.26k + 0.60k` = (0.26\times9.2) + (0.60\times32.0) = 21.6$$

أي أن نسبة للكاولين في المادة – كما تم حسابها من الاختلافات في كمية أكسيد الألومنيوم الموجودة في الجزيئات المختلفة بناء على التحليل – هي 21.6 في المائة.

ولإجراء عملية حسابية مشابهة من نسب الماء المركب بدلاً من نسب الألومنيا، سنحتاج بالطبع أن نعرف كم من الـ 2.97 بالمائة من المادة العضوية والماء المركب (التي كُشف عنهما بتحليل جزيء الرمل) يمثل الماء المركب وحده، ونظراً لأنه لم يُجر تقدير حسابي سواء للكربون العضوي أو للنيتروجين العضوي عند تحليل جزيء الرمل، فإننا لا نستطيع تقدير نسبة الماء المركب في ذلك الجزيء بنفس الطريقة المستخدمة مع الجزيئيْن الآخريْن. لكن من ناحية فإنه من غير المرجح أن جزيء الرمل يمكن أن يحتوي على الكثير من المادة العضوية، ومن ناحية أخرى فإن الدليل الذي يوفره لنا الميكروسكوب بخصوص الطبيعة المعدنية للجزيئات الخشنة من المادة العالقة لا يقدم ترجيحا على أن جزيء الرمل يحتوي على الماء المركب بأكثر من 2 بالمائة من وزنه، ومن ثم فلن جانب الصواب إذا افترضنا أن هذا الرقم الأخير يمثل النسبة المئوية للماء المركب الموجود فعليا في جزيء الرمل. وبتبني هذا الافتراض سيكون لدينا 2.00، 3.15، 6.08 للنسب المئوية للماء المركب الموجود في جزيئات الرمل والغرين والطمي على الترتيب. ونظراً لأن الكاولين يحتوي على الماء المركب في 13.9 بالمائة من وزنه، فسيكون لدينا لجزيء الغرين، بإجراء عملية حسابية مشابهة للعملية السابقة:

$$0.139\ k + 0.020(100-k) = 3.15$$

حيث$k=9.7$

وبالنسبة لجزيء الصلصال:

$0.139k`+0.020(100-k`)=6.08$.

حيث$k`=34.3$

بينما للنسبة المئوية للكاولين في المادة العالقة ككل، فلدينا:

$.0.26k+0.60k`=(0.26\times9.7)+(0.60\times34.3)=23.1$

أي أن نسبة الكاولين في المادة العالقة، كما حُسبت من الاختلافات في كميات الماء المركب التي كُشف عنها في الجزئيات المختلفة بالتحليل هي: 23.1 %.

بجمع نتائج الثلاثة حسابات التي أجريناها لنسب الكاولين الموجود بالمادة العالقة سيكون لدينا نتائج جدول (59)

ليس ممكناً ترجيح أي من هذه التقديرات الثلاثة هو أكثرها صحة، إذ تعتمد كل الحسابات على افتراضات ليست صحيحة تماماً، وأي أخطاء في البيانات التحليلية ستفسح مجالا لأخطاء أكبر في النتائج بنحو ثمانية أو عشرة أضعاف. وبأخذ كل البيانات المشكوك فيها في الحسبان، فإن التوافق بين النتائج الثلاث يعد متقارباً بقدر ما يمكن توقعه، وقد نستنتج على نحو صائب أن متوسطها الحسابي – أي 24.5 في المائة – يمثل لدرجة عادلة جداً من التقريب النسبة الوسطى للكاولين الموجود في المادة العالقة ككل.

عند عمل نسبة مسموح بها لمقدار سيلكات أكسيد الألومنيوم والماء المركب الموجودة في النسبة المذكورة آنفاً للكاولين، فإن نتائج تحليلات المادة العالقة تتوافق مع الدليل الميكروسكوبي الخاص بطبيعة ونسب المواد المعدنية الاخرى المكونة له. في الحقيقة، إن التركيب الكيميائي المتوسط – الموجود في جدول 57 – يرتبط بالتركيب المعدني التقريبي الذي يضمه الجدول التالي. (مع الأخذ في الاعتبار أن إجراء حساب دقيق لنسب المعادن المختلفة بناء على البيانات الكيميائية يعد مستحيلا بالطبع، نتيجة للتغيرات الواسعة في التركيب الكيميائي لبعضها، خاصة الهورنبلند والأوجيت والبيوتيت):

إن المعادن الأولية التي تتشكل منها الصخور – مثل الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والبيوتايت– تعد في معظمها غزيرة بالجزيئات الخشنة من المادة العالقة. بينما المعادن الثانوية الناتجة عن تأثير التجوية – مثل الكاولين وأوكسيد الحديد المائي – تظهر بشكل أساسي في الجزيئات الأنعم. مع ذلك، فإن الأباتيت – على الرغم من كونه معدنا ثانوي التركيب - يعد أكثر وفرةً في الجزيئات الأنعم مقارنة بنسبته في الجزيئات الخشنة، وذلك على الأرجح بسبب الحجم الدقيق للبلورات التي تظهر بها بداخل الصخور البركانية، والكالسيت – على الرغم من كونه معدناً ذا تركيب ثانوي – فإنه يعد أكثر وفرة في الجزيئات الأخشن مقارنةً بنسبته في الجزيئات الناعمة، وذلك على الأرجح بسبب كونه إلى حد ما قابلا للذوبان في الماء وبسبب أن

الجزيئات الناعمة منه تتحول بسرعة إلى حالة الذوبان. إن معظم الجزء العضوي من المادة العالقة يعد في حالة تجزئة شديدة النعومة، وكذلك فإن نسبته الموجودة في جزيء الصلصال تعد إلى حد كبير أكبر من نسبته في جزيء الغرين، وهذا بدوره يعد أكثر بكثير من نسبته في جزيء الرمل.

من الجائز أن نجد في جزيء الصلصال من المادة العالقة بعض معادن صلصالية، مثل المونتمريلونيت Montmrillonite وأكاسيد كل من: الكالسيوم والماغنيسيوم (Ca Mg)O، والألومنيوم Al2O3 والسيلكون 5Sio2؛ وجزيئات الماء nH2O ، بالإضافة الى الكاولين. لكن حقيقة أن التحليلات الكيميائية توضح أن جزيء الصلصال يحتوي على نسبة أقل من الماغنسيا، ونسبة أقل بكثير من الجير مقارنةً بالجزيئات الأخرى (راجع جدول58)– تبدو أنها تشير الى أنه لو كان هناك أي وجود للمونتمريلونيت على الاطلاق، فإن نسبه لا يمكن أن تكون كبيرة جداً. بالطبع قد يُرغب إلى حد كبير أن تُفحص طبيعة معادن الصلصال الموجودة في المادة العالقة بأشعة إكس الحديثة، لكن حتى يمكن إجراؤها قد يبدو من الصواب أن نفترض أن معدن الصلصال الموجود في المادة العالقة يعد بشكل رئيسي – إن لم يكن بشكل كامل – هو الكاولين.

أما السؤال عن نسبة جزيء الصلصال الممثل في صورة شبه غروية - أي في الحالة التي تمكّنها من أن تُضفي على جزيء الصلصال خواص الالتصاق واللُّدونة – فهو سؤال صعب للغاية، خاصة أن الفحوصات عن طريق أشعة إكس قد أظهرت أن شبه الغرويات قد تكون ذات خصائص بللورية، ولا يبدو أن هناك أي حد أقصى متعارف عليه لحجم الجزيئات الدقيقة التي قد تصنَّف كشبه غروية. مع ذلك، فإن ملاحظات مستر موصيري المذكورة في جدول (46) تبين أن حوالي 7.5 في المائة من إجمالي المادة العالقة، أو حوالي 12 في المائة من جزيء الصلصال يتكون من جزيئات شديدة النعومة عن أن تبقى معلقة في الماء حتي بعد أن يظل المحلول على وضعية ثابتة لمدة ثلاثة شهور، وقد نستنتج من هذا أن 12 في المائة على الأقل من جزيء الصلصال يعد شبه غروى. هناك احتمالية أن النسبة المئوية الحقيقية تعد أكبر بكثير من تلك النسبة، لأن الجزيئات التي تترسب في مدة زمنية أقصر من ثلاثة شهور قد ترسِّب معها كمية معينة من المادة شبه الغروية.

تحتوي المادة العالقة على نسبة معينة من القواعد " القابلة للتبادل " أي من القواعد القادرة على التفاعل مع محاليل الأملاح المتعادلة، لأنه إن جُمعت المادة العالقة وتم ترشيحها بمحلول من كلوريد الصوديوم وكلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم الموجودة في المحلول الذي رُشحت منه المادة العالقة، مُظهرةً أن جزءاً من الصوديوم ومحلول كلوريد الصوديوم قد حل محل بعض المغنسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم الموجودة أصلاً في المادة العالقة، بينما لو أن الترشيح قد تم بمحلول من كلوريد الكالسيوم وكلوريدات الماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم الموجودة في المحلول الذي رُشحت منه المادة العالقة، ستُظهر أن جزءا من الكالسيوم في محلول كلوريد الكالسيوم قد حل محل بعض المغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم الموجودة أصلاءً في المادة العالقة.

قام دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم، من القسم الكيميائي وزارة الزراعة، بتحديد نسب القواعد القابلة للتبادل في عينات المادة العالقة التي جُمعت من النيل عند الجيزة في أغسطس 1926، وعند أسوان في 1929، على الترتيب، وكانت النتائج كما يوضحها جدول (61).

وبضرب المتوسط الحسابي لمكافئات الملليجرام المذكورة بالأعلى في الأوزان المجمعة للقواعد التالية على الترتيب (كالسيوم 20.03- مغنسيوم 12.16، بوتاسيوم 39.10، صوديوم 23.00) وبقسمة الناتج على 1000، نستطيع في الحال بالطبع الحصول على النسب المئوية المتوسطة للقواعد القابلة للتبادل (الكالسيوم، المغنسيوم، البوتاسيوم، الصوديوم) الموجودة بالمادة العالقة، وبذلك عندما تقارَن تلك النسب المئوية للقواعد القابلة للتبادل مع إجمالي النسب المئوية للكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم التي تم حسابها بناءً على تحليلات مستر موصيري السابق الإشارة إليها، كما هي موضحه في جدول (62).

وسنلاحظ أن كمية الكالسيوم القابل للتبادل تصل لأكثر من ربع إجمالي كمية الكالسيوم الموجودة في المادة العالقة، ولكن كميات المغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم القابلة للتبادل تحتوى على نسب أقل بكثير لإجمالي الكميات الموجودة من المغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم.

ولكون قابلية تبادل القواعد تعد خاصية معروفة في الزيوليتات Zeolites؛ فمن الطبيعي أن نتساءل ما إذ كانت ظاهرة تبادل القواعد التي أثبتتها المادة العالقة في النيل من الجائز أنها ليست بسبب احتوائها على المعادن الزيولوتية في حالة تجزئة شديدة النعومة والتي لم يمكن التعرف عليها تحت الميكروسكوب.

في هذا السياق، قد يلاحَظ أن بلندفورد Blandford قد وجد مجموعة من صخور الطِّراب البركانية Trap حول بحيرة آشانجي (الواقعة على بعد مئتي كيلومتر في الشمال الشرقي من بحيرة طانا) تتكون بدرجة كبرى من البازلت ذي الحبيبيات اللوزية الشكل (المُلوَّز amygdaloidal)، مع عقد صغيرة من الآجيت agate والزيوليت، وكان الزيوليت عادة يتألف من الإستلبيت Stilbite الأبيض أو البرتقالي، وقد شك قليلاً أن الصخور التي رآها في الجزء السفلي أو العلوي من وادي نهر تكازي (رافد لنهر عطبرة) تنتمي لنفس المجموعة[7]. لكن يبدو من غير الراجح أن البازلت الملوَّز يمكن أن يكون مصدراً لأكثر من جزيء ضئيل من إجمالي كمية المادة الحُتاتية التي ينقلها النيل الأزرق وعطبرة كمادة عالقة، لأن الأغلبية الكبرى من الصخور البركانية المكشوفة على سطح الهضبة الحبشية من الواضح أنها تنتمي لمجموعة أعلى وأصغر تتكون أساساً من صخر التراكيْت Trachyte [8]. وعلاوة على ذلك، هناك اعتبارات أخرى تبدو أكيدة من الناحية العملية، وهي أن خاصية تبادل القواعد الظاهرة في المادة العالقة ليست ناتجة – لأي مدى محسوس – عن وجود المعادن الزيوليتية فيها. ولكي نفسر فقط وجود الكالسيوم القابل للتبادل في المادة العالقة يجب أن نفترض وجود نسبة كبيرة جداً من الزيوليتات، مثلاً، حوالي 14 % من الاستيلبيْت أو حوالي 7 في المائة من الاسكولسيت، بينما لكي نفسر وجود المغنسيوم القابل للتبادل بهذه الطريقة فسيكون صعبا إلى أبعد حد، حيث نرى أن المغنسيوم ليس مركبا عاديا في أي نوع معروف من الزيوليتات، على الرغم من

أنه قد سُجل كبديل للكالسيوم – بدرجة محدودة جداً في بعض المجموعات الكيميائية. أهم الاعتبارات على الاطلاق هي أن خاصية تبادل القواعد توجد في (كل) أنواع التربة الخصبة، بما فيها الكثير من تلك الأنواع التي لا يمكن افتراض أنها قد نشأت عن تحلل الصخور الحاملة للزيوليت.

النظرة العامة التي يعتقدها الكيميائيون الزراعيون هي أن طاقة إنتاج تبادل القواعد تكمن في سطوح الجزيئات شبه الغروية من "معقَّد الصلصال" والتي في حالة التربة المصرية يكوّنه جزيء الصلصال من المادة العالقة التي يرسبها النهر، ولذلك فإننا لا نحتاج للتسرع في تبني نفس النظرة المتعلقة بظاهرة تبادل القواعد في المادة العالقة نفسها. إن أهمية التقديرات الحسابية لدكتور ويليامسون ومستر ألاجيم المذكورة آنفا تكمن في الحقيقة في أنها توفر دليلاً حاسما في أن خاصية تبادل القواعد التي تظهر بدرجة مميزة في التربة الغرينية الخصبة بمصر تعدُّ خاصية موجودة بالفعل في المادة العالقة التي تتكون منها التربة، وليست خاصية تنشأ فيما بعد في التربة نفسها.

هوامش الفصل

([1]) لم تسجل ملاحظات عن المادة العالقة في السنتين 1928 و 1929، ولا بعد عام 1932.

([2]) العامل الحسابي 1.5 يقوم على الملاحظات التي أجرتها مصلحة المساحة الجيولوجية بوادي حلفا، والذي يدل على أن نسبة المادة العالقة عند عمق نصف متر في منتصف المجرى تبلغ حوالي 0.87 في المتوسط للمقطع العرضي الكلي للنهر (راجع الفصل السابق)

([3])يجب التنويه أن هذا الاستنتاج قد قام كليةً على الملاحظات التي سجلتها المصلحة الجيولوجية بوادي حلفا والجعافرة خلال موسم الفيضان عام 1929، الذي كانت فيه بوابات التحكم في خزان أسوان تفتح بانتظام إلى المدى التام اللازم لإفساح المجال لتدفق مياه النهر خلال مرحلة الفيضان، ويتم تعديلها فقط لكبح التدفق وملء الخزان بعد مرور غالبية الفيضان، أي عندما تصير نسبة المادة العالقة في المياه صغيرة. وذلك كان متسقا مع البرنامج الأصلي للخزان؛ فقد أنشئ خصيصا ببوابات منخفضة المستوى ولكنها بفتحات واسعة لكي توفر مرورا غير مقيّد لمياه النهر المحملة بالغرين أثناء الفيضان وبالتالي تعمل على تجنب التراكم التدريجي للغرين وراء الخزان. وعلى الرغم من أنه منذ تشييده عام 1902، فقد تمت تعليته مرتين لكي يزيد من كمية المياه التي يمكن تخزينها وراءه، وتمَّ في العموم التقيد بنفس الإجراء الاعتيادي الذي يُتخذ عند موسم الفيضان، الخاص ببدء ملء الخزان. ولكي نتجنب الآثار الكارثية التي قد تنتج عن كميات المياه الهائلة التي دخلت إلى مصر خلال فيضان النيل الاستثنائي المفرط لعام 1934؛ أغلقت بوابات الخزان جزئيا لفترة زمنية خلال مرحلة الفيضان، بحيث تكبح جزءا من المياه التي كان من المفروض ان تعبر حينئذ خلال تلك البوابات، وبذلك تعمل على جعل الخزان- الذي تمت تعليته - حاجزا للفيضانات والسيول عن مصر. وبالاضافة إلى تحقيق الغرض الأساسي منه وهو تخزين المياه، فلابد بالتالي أنه قد ترسبت في الخزان في تلك السنة كمية هائلة من الغرين، على الرغم من أن جزءا من هذه الكمية قد جُلي مرة أخرى بلاشك عندما فتحت البوابات بشكل كامل فيما بعد. وفي اعتقادى أن الاحتمالية هي أنه حتى إذا استُخدم الخزان في مناسبات نادرة للغرض الإضافي منه في الوقاية من السيول والفيضان؛ فإن معدل تراكم الغرين فيه سيظل في الإجمال بطيئا على الرغم من أنه بالطبع سيكون سريعا إلى حد ما عن تلك الحالة التي يُستخدم فيها الخزان بشكل منفرد في غرضه الأساسي من تخزين المياه.

([4]) بأخذ المتوسط الحسابي لسرعة النهر كوحدة للقياس، تزداد السرعة الفعلية – وفقا لأبحاث مصلحة الجيولوجيا - من 1.108 عند السطح، إلى حد أقصى يبلغ 1.115 عند عمق يساوي 0.12 من العمق الكلي للنهر، وتتناقص لحد أدنى قدره 0.724 بالقرب من قاع النهر.

([5]) تقترب جزيرة الزمالك من الجانب الغربي لمجرى النهر تاركة الجانب الشرقي متسعا فيعرف باسم " نهرالنيل" بينما يطلق العوام على المجرى الغربي مسمى "البحر الأعمى" دلالة على ضيق النهر في هذه الجزء من مجرى نهر النيل. أما كوبري الإنجليز فقد تغير اسمه في العصر الحديث إلى "كوبري الجلاء" (المترجم)

([6]) يقصد بالمعكوس الضربي reciprocal الكسر الاعتيادي للرقم (1 / العدد)، ومن ثم فإن المعكوس الضربي لـ 1.724 = 0.58. (المترجم).

([7]) Blanford (W.T.), “ Observation on the geology and zoology of Abyssinia” , London , 1870 , p.138.

([8])Blanford , op.cit , p.181 , and Grubenmann (U.), “Beitrilge zur Geologie von Abyssynien ”,Frauenfeld ,1896 , p.10.

الفصل السابع:

الطمي في أرض مصر

تتألف الأرض الغرينية لوادي النيل والدلتا – التي تشكل زراعتها مصدر عمل أغلبية الشعب المصري ومصدر ثروة البلاد - من طمي النيل البني الضارب للسواد، والذي تراكم لسُمك هائلة نتيجة فيضان النهر السنوي على امتداد آلاف السنين وإغراقه لضفافه وإرساب المادة العالقة على سهوله الفيضية.

يتنوع سُمك الإرساب في أماكن مختلفة، وهذا يرجع لأن الرمل والحصى الذي ترسب عليها قد أظهر إلى حد ما سطحا غير متساوٍ ومتنافر المظهر من ناحية، ومن ناحية أخرى لأن النهر من وقت لآخر قد غيَّر مساره، مسبباً أن الطمي الذي ترسب عن ماء الفيضان في وقت واحد في أماكن كثيرة قد جُلي في وقت لاحق وحلت محله رمال ناعمة من النهر نفسه. وعلاوة على ذلك، يبدو أحيانا أن من الصعب تحديد دقيق لمقدار السمك لهذا التراكم في مكان معين عن طريق حفر آبار استكشافية؛ لأنه على الرغم من أن الطمي في بعض الأماكن يُفصل بشكل حاد عن الرمال والحصى المتراكمة تحته، ففي أماكن أخرى هناك تحوُّل تدريجي - كلما اتجهنا لأسفل - من الطمي الأصلي عبر سمك هائل من الرمال والطمي المختلطيْن قبل أن نصل إلى طبقة الرمال النظيفة والحصى الواقعة تحتها. ومن فحص أجراه مستر ليتل، مدير مصلحة المساحة الجيولوجية، للسجلات والعينات من 95 بئر استكشافيا شُقت في أماكن مختلفة في مصر في السنوات الاخيرة - معظمها من أجل الحصول على المياه - بدا أن متوسط سمك طمي النيل الأصلي يتنوع من 7.6 متر في نطاق أسوان – قنا من وادي النيل بمصر العليا، إلى حوالي 11.2 متر في الجزء الشمالي من الدلتا، ويصل متوسط السمك في الدلتا لحوالي 9.8 متر، وذلك في وادي النيل فيما بين أسوان والقاهرة، لحوالي 8.3 متر، كما يبدو في جدول(63)

بعد إرسابه مباشرة، يعد طمي النيل في حالة لدنة سهلة التشكيل وشديدة النعومة وشديدة اللزوجة. لكنه عند فقدان الرطوبة بالتعرض للهواء يتناقص في حجمه وصلابته ويتحول إلى تراب خشن ومتماسك، ثم يشكل أرضية شديدة الصلابة. في الحقيقة، تعد كل ضفاف الترع - التي تستعمل على نطاق واسع كطرق زراعية في مصر - مشيدة من الطمي الذي شُق لحفر الترع وللإبقاء عليها مفتوحة، والطوب اللبن (غير المحروق) الذي يشاع استخدامه في بناء البيوت بصعيد مصر يتكون أساساً من طمي النيل الذي وُضع في قوالب وهو في الحالة اللزجة ثم جففته الشمس. والطمي الذي تصلَّب قوامه عن طريق التجفيف يمكن تحويله إلى حالة اللزوجة مرة أخرى عن طريق تدليكه بالماء.

إن كمية المادة الصلبة الجافة بالسنتيمتر المكعب التي يحتويها طمي النيل تتنوع بشكل هائل حسب الدرجة التي تجمَّع وتُضامّ عندها بتعرضه للهواء وبضغط الطبقات الفوقية. يبلغ متوسط وزن المادة الصلبة الجافة الموجودة في سنتيمتر مكعب واحد بالطبقات العليا التي تشكل التربة المزروعة حوالي 1.3 جم، بينما يبلغ متوسط وزنها في سنتيمتر مكعب واحد في الطبقات السفلى المضغوطة من الإرسابات، أو من الطمي المتراكم الذي يشكل ضفاف النهر وضفاف الترع حوالي 1.8 جم، وهو يماثل – حيث أن متوسط الثقل النوعي للمعادن المكوِّنة له هو حوالي 2.8- نسبة مسامية مقدارها حوالي 35% تقريباً. الطمي الرطب الذي أُزيل من الترع والمصارف خلال عملية التطهير السنوى لمجاريها وفي المتوسط يتكون من حوالي 1.2 جم فقط من المادة الجافة الصلبة لكل سنتيمتر مكعب.

يتوافق تركيب طمي النيل على امتداد سمكه الكامل في الأساس مع تركيب المادة العالقة التي يحملها النهر في الوقت الحالي، ويُظهر التركيب أنه علي الرغم من أن المادة العالقة التي جلبها النهر منذ الاف السنين ربما قد اختلف تركيبها نوعاً ما عن تلك التي يجلبها النهر حاليا.

وعلى الرغم من وجوب حدوث درجة ما من الاستبدال في المعادن المكونة للتربة بفعل دورة حياة النبات والماء المرشح منذ أن ترسبت، إلا أنه في الإجمال كانت الاختلافات في التركيب الأصلي وفي كمية الاستبدال اللاحق طفيفة على نحو قابل للمقارنة. ولم يُجر حتى الآن أي تحليل لطمي النيل يماثل كمال تلك التحليلات التي أجراها مستر موصيري للمادة العالقة للنهر، لكن أُجري عدد من التحليلات الجزئية لها، بالإضافة إلى تحليلات مماثلة جزئية للمادة العالقة، وجدول (64) – الذي يمدنا بنتائج هذه التحليلات الجزئية للمادة العالقة للنهر، من تربة مصرية نموذجية ومن طمي نيل مندمج أُخذ من عمق ستة أمتار تحت السطح اثناء الحفر لوضع أساسات قناطر الدلتا الأصلية – سيمكننا من عمل مقارنة تقريبية لتلك التحليلات.

ومن الجدول يلاحَظ أن الفروق في التركيب تعد صغيرة نسبيا والفروق الكبيرة هي النسب العالية من أكسيد الحديد والألومينا وكربونات الجير، والنسب الصغيرة هي الخاصة بالمغنيسيا والمادة العضوية، وذلك في الطبقات الأعمق لطمي النيل حسبما قورنت مع المادة العالقة بالنهر، وسيلاحظ وجود نسب صغيرة من الأملاح المذابة (الكلورايدات والكبريتات) كلاهما في التربة والطبقات الأعمق من الطمي، على الرغم من أن كليهما بالطبع غير موجودَيْن في المادة العالقة بالنهر.

هناك أيضا توافق قريب بشكل معتدل بين نسب " القواعد القابلة للتبادل " المتعددة الموجودة في التربة المصرية العادية، وتلك القواعد الموجودة في المادة العالقة للنهر، كما سيتضح من جدول (65) الذي يمدنا بنتائج التقديرات التي أُجريت في السنوات الاخيرة عن طريق كيميائيّي وزارة الزراعة.

ليست كل الأرض الغرينية التي كونها طمي النيل مزروعة حالياء فلا تزال مساحات كبيرة حول البحيرات في المناطق الشمالية من الدلتا غير مستغلة حتى الآن لأنها تقع في مستويات منخفضة فيصير من الصعب توفير صرف ملائم، كما أنها شديدة الامتلاء بالأملاح المذابة، خاصة كلوريد الصوديوم، بينما في كل مديرية في مصر تقريبا هناك بعض المناطق لا تزال غير مزروعة نتيجة لعدم استواء سطحها، ومناطق أخرى نضبت فيها الزراعة نتيجة لأنها صارت غير مُنفذة للمياه، وبالتالي ضعفت خصوبتها، عن طريق ارتفاع مستوى المياه الجوفية تحت التربة والذي سببه تسرب المياه إلى التربة من الترع عالية المستوى.

يبدو من الأبحاث التي أجرتها وزارة الزراعة[1] أن التربة التي تراجعت خصوبتها بسبب ارتفاع مستوى المياه الجوفية قد تصنَّف إلى نوعين رئيسيين:

1."التربة القلوية السوداء"، التي تكونت في الأماكن التي ارتفع فيها مستوى المياه الجوفية حتى السطح تقريباء

هوامش الفصل

GARACIE (D.S) and others: "The Nature of Soil- deterioration in Egypt " ,Bull No.148 Techn.and Sci Service CHEM.SEC.) ,Ministry of Agriculture ,Cairo , 1934 , p.7.

بالنسبة إلى الأبحاث قبل ذلك التاريخ، الخاصة بالأراضي القلوية في مصر، يمكن الرجوع إلى المصادر الآتية:

Mosseri (V.): " Les Terraine alkaline en Egypte et leur tratement " Bull Inst.Eg ,Ciro ,Vol. V.1911, PP.53-79.

ARRHENIUS (O.); "The Hydrogen Ion Concentration of Egyptian Soils and the Reclamation of Alkaline Land: , Cairo Sci.Journ., vol. X, 1921 ,pp.25-41.

(1)PRESCOTT (J.A.): " Base Exchange and Alkalinity in Egyptian Soils " , Cairo Sci.Journal., vol.X, 1921, PP.58-64.

(2) GARACIE (D.S) and others: Op.cit., pp.13-22.

(3) GIRARD (S.) "Observations sur la vallee d'Egypte , et sur l'exhaussement seculaire du sol qui la recouvre " , Mem ,Avad.Sci., Paris, 1817 , p.185.

(4)(HORNER (L.): "An Account of some recent Researches near Cairo, undertaken with the view of throwing light upon the Geological History of the alluvial land of Egypt " , part II.phil.R.S. 1858 ,PP.71-75.

(5) VENTRE PASHA (A.): " Crues moderns et crues anciennes du Nil " ,zeitschrift fur Aegyptische sprache ,Band 34, 1896 ,pp.103 ,105.

2."التربة الجبسية"، التي تكونت في أماكن كان ارتفاع المياه الجوفية فيها كبيرا ولكن ليس إلى حد مفرط. وعادة ما يظهر هذا النوع وفقا للمسافة التي يقترب عندها متوسط مستوى المياه الجوفية من السطح.

في المناطق التي تتعرض للتشبع بالمياه بشكل كامل أو جزئي للعديد من السنوات، توجد الأراضي الجبسية في الأجزاء العليا (النطاق المائي فيها موجود عند مسافة بعيدة تحت السطح) بينما تقع "التربة القلوية السوداء" عند الأجزاء المنخفضة.

ويتشابه كلا النوعين من الأراضي في كونهما شديدي الاحتفاظ بالماء، لكن من نواحٍ أخرى يختلف كلاهما عن الآخر بدرجة مميزة.

عند مقارنة التربة "القلوية السوداء" مع التربة العادية "الخصبة" نجد أنها تتميز باحتوائها على نسب أعلى من الكربونات والبيكربونات القابلة للذوبان، وكذلك باحتوائها على محتوى أقل من المادة العضوية، بينما الكالسيوم والمغنسيوم القابلان للذوبان الموجودان في التربة الأصلية قد حل محلهما الصوديوم بشكل كامل تقريباً. الكربونات القابلة للذوبان تسبب للتربة تفاعلا قلويا والأثر المذيب الخاص بكربونات الصوديوم على المادة العضوية يؤدي أحيانا إلى ظهور لون أسود على السطح، ومن ثم يطلق اسم " القلوية السوداء " على التربة من هذا النوع.

في التربة الجبسية – من ناحية أخرى – لايزال الكالسيوم والمغنسيوم يبدُوان بشكل أساسي أنهما القاعدتان القابلتان للتبادل، ونسب الكربونات القابلة وغير القابلة للذوبان ونسب المادة العضوية تظل تقريبا هي نفس النسب كما في التربة الأصلية (الخصبة)، لكن زادت نسب الكلوريدات والكبريتات القابلة للذوبان ونسب السليكات غير القابلة للذوبان زيادة واضحة.

هناك خصيصة ثابتة للتربة الجبسية وهي وجود طبقة غير مُنفذة للماء سواء عند السطح أو تحته بأربعين سم تقريبا أو يزيد، وذلك يجعل من الصعوبة بمكان أن تُكسر التربة عند التجفيف، وهذه الطبقة عامة – ولكن ليس بشكل ثابت – تستقر تحتها طبقة مباشرة بها عروق جبسية جيدة القوام، وعند هذه الطبقة تتركز الأملاح القابلة للذوبان في أعلى درجة تركيز لها. وسواء أكانت الطبقة العرقية موجودة أم لا، فإن الجبس نفسه (ومعه أملاح الصوديوم والمغنسيوم) يوجد هناك بشكل دائم.

ما بين نوعي التربة – أي بين التربة القلوية السوداء من ناحية، والتربة الجبسية من ناحية أخرى – تحدث هناك العديد من حالات التدرج. على سبيل المثال، في بعض الاماكن وُجد أن نموذج التربة يتكون من حوالي 30 سم أو نحو ذلك من التربة الجبسية، والتي تزيد فيها نسبة الجبس كلما اتجهنا لأسفل، تحته بعشرين سم تقريبا طبقة من الصوديوم الصلصالي (أي الصلصال الذي حل فيه تم فيه الصوديوم على نطاق واسع محل المغنسيوم والكالسيوم القابلان للتبادل في التربة الأصلية، مما ينتج عنه أن تكون التربة غير منفذة للماء بدرجة كبرى).

الفروق المذكورة بالأعلى بين الخصائص الكيميائية للتربة الخصبة وغير الخصبة ستشاهَد على الفور من أرقام جدول (66)، والذي لُخِّصت فيه نتائج التقديرات الحسابية التي أجراها علماء الكيمياء في

وزارة الزراعة وسجلوها في البحث المشار إليه بالفعل. يجب أن نذكر أن الارقام في ذلك الجدول تمثل المتوسطات الحسابية الناتجة عن عدد من التقديرات الحسابية المنفصلة التي أُجريت على عينات أُخذت من طبقات تربة مختلفة (عادة خمس طبقات) في نموذج التربة النمطي، وفي بعض الحالات اختلفت النتائج المأخوذة من الطبقات المتعددة بشكل هائل عن المتوسط الحسابي للنموذج ككل. لمعرفة التقديرات الحسابية المنفردة عند الطبقات المتعددة يجب بالطبع الرجوع إلى البحث الاصلي [2].

وفيما يتعلق بالآثار الكيميائية التي تلت ارتفاع منسوب المياه الجوفية مما يسبب عدم خصوبة التربة، فإن معرفتنا بها حاليا غير واضحة. ومع ذلك، يبدو من الأبحاث التي أجرتها وزارة الزراعة أن تشبع التربة بالمياه يعزز نمو بكتريا حول جذور النباتات (أشهرها مجموعة Mircrospira desulphuricans)، والتي تقلل من وجود الكبريتات في التربة وتحولها إلى كبريتيدات وتستخدم الأكسجين الناتج في أكسدة المادة العضوية؛ فتسبب زيادة مميزة في قلوية الوسط الذي تنمو فيه، وهذه الزيادة في القلوية – بخفض قابلية ذوبان أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة - تسمح بتبادل الأماكن بين الصوديوم الموجود في أملاح الصوديوم المذابة الباقية وبين الكالسيوم والمغنسيوم القابليْن للتبادل في جزيء الصلصال بالتربة، وبذلك تجعله غير مُنفذ لماء الرى بدرجة عالية. وحيث تتكون طبقة الصلصال غير المنفذة للماء عند عمق ضحل نسبيا في التربة – كما هي الحالة في الأماكن التي ارتفع فيها مستوى المياه الجوفية نحو السطح تقريبا - تكون النتيجة وجود "التربة القلوية السوداء". بينما حيث يكون مستوى ارتفاع المياه الجوفية أقل – وبالتالي حيث تكونت الطبقة غير المنفذة للماء عند مستوى أدنى - فقد تظل التربة فوقها خصبةً لفترة زمنية، لكن إما عاجلا أو آجلا ستتحول إلى تربة جبسية نتيجة للتراكم التدريجي للكبريتات والأملاح الأخرى فيها.

معدلات زيادة سمك طمي النيل في مواقع متعددة في مصر حاليا

لا يزال تراكم طمي النيل يحدث بشكل استمراري، حيث تضاف مقادير ضئيلة إلى سمكه كل عام بترسب المادة العالقة الموجودة في الماء المستخدم للري. لكن معدل التراكم حالياً في مجملة يعد أبطأ بكثير عما كان عليه في العصور السالفة، نتيجة لأن نظام الري الدائم قد حل محل نظام ري الحياض القديم أو نظام الفيضان على امتداد الجزء الأكبر من صعيد مصر وعلى مصر السفلى بأكملها.

قد نحصل على مقادير تقريبية شديدة الاعتدال التي يتراكم عندها طمي النيل في أماكن عديدة من مصر حاليا، وذلك في البداية عن طريق محاولة تقدير إجمالي كميات المادة العالقة التي ترسبت في أراضي الحياض بصعيد مصر، وفي الأراضي المروية بالري الدائم في صعيد مصر ومصر السفلى علي التعاقب خلال السنوات الثلاث 1929 – 1931 (هذه السنوات اختيرت بالذات حيث أن لدينا البيانات المسجلة الكاملة الخاصة بنسب المادة العالقة التي يحملها النيل)، ثم نقسم إجمالي المتوسط السنوي لكل فئة من الأراضي على متوسط مساحة تلك الفئة المروية خلال السنوات الثلاث.

يجب أن نضع في حسابنا عند محاولة تقدير كميات المادة العالقة المترسبة في الاراضي المروية ما يلي:

1- أن نسبة كبرى من المادة العالقة الموجودة بالماء الذي أُخذ من النهر عن طريق الترع والمضخات لأغراض الري تترسب في الترع قبل وصولها للأراضي المروية.

2- أن من المادة العالقة التي تصل بشكل فعلي إلى الأرض، نسبة معينة تُنزح مرة أخرى في مياه الصرف.

3- أن المادة العالقة الموجودة في مياه الصرف يترسب معظمها في المصارف، والقليل منها يعود إلى النهر مرة أخرى.

4- وأن من المادة العالقة المترسبة في الترع والمصارف (التي تُشق وتقاس عند كل عملية تطهير سنوية لها) يستعمل الجزء الأكبر منها لإصلاح وتدعيم ضفاف تلك الترع والمصارف، ونسبة صغيرة فقط هي التي تنتشر على امتداد الاراضي.

وجدير بالذكر أن كميات ماء الري التي تأخذها الترع من النهر كل عشرة أيام (الفترة العشرية) معروفة لنا من سجلات وزارة الري، وعلى الرغم من أن الكميات التي تأخذها المضخات غير مسجلة، إلا أنه يمكن تقديرها تقريبا (بناءً علي المناطق التي ترويها تلك المضخات) بأنها تعادل حوالي سدس، وخمسة أسداس الكميات التي تأخذها الترع في مناطق الري الدائم بمصر العليا ومصر السفلى على الترتيب. إن نسب المادة العالقة (بالأجزاء في المليون من الوزن) في النهر عند القاهرة لكل فترة عشرية معروفة من الملاحظات الأسبوعية التي سجلتها وزارة الصحة العمومية، بينما تلك النسب في النهر عند وادي حلفا خلال مواسم الفيضان معروفة من الملاحظات التي تمت عند ذلك المكان عن طريق هيئة مصلحة الطبيعيات، وتلك النسب خلال الفترة المتبقية من كل سنة في نفس المكان يمكن استنتاجها بدرجة معتدلة من الصحة بناءً على الملاحظات التي سُجلت في القاهرة. والآن لن نخطيء لدرجة كبيرة إذا افترضنا – خلال أي فترة عشرية معينة – أن متوسط نسبة المادة العالقة في مياه الري التي أُخذت من النهر في صعيد مصر هي المتوسط الحسابي لتلك النسب في النهر عند وادي حلفا والقاهرة علي الترتيب خلال نفس الفترة العشرية، وأن متوسط نسبة المادة العالقة في ماء الري الذي أُخذ من النهر في مصر السفلي خلال أي فترة عشرية معينة تعدُّ على نحوٍ صائب نفسَ النسبة في النهر عند القاهرة خلال تلك الفترة. ومن ثم، بضرب كميات الفترات العشرية من ماء الري المأخوذ من النهر في مصر العليا في المتوسطات الحسابية المماثلة للفترات العشرية بين نسب المادة العالقة المسجلة عند وادي حلفا والقاهرة، وتلك الكميات المأخوذة من النهر في مصر السفلى في النسب المماثلة للمادة العالقة المسجلة عند القاهرة، وجمع النواتج لكل سنة الخاصة بكل فئة من الأراضي المروية....نستطيع أن نستنتج، على نحو تقريبي معتدل، إجمالي كميات المادة العالقة في إمدادات مياه الرى التي تؤخذ سنوياً من النهر. ويوضح جدول (67) نتائج هذه الحسابات للسنوات الثلاث:

أما أحجام الطمي المترسب الذي استُخرج من الترع والمصارف عند عملية التطهير السنوية خلال نفس السنوات الثلاث، حسبما قاستها وزارة الرى، موضحه في جدول (68)

يحتوي الطمي من الترع والمصارف، في الحالة الرطبة التي يُشق فيها ويُقاس، في المتوسط على حوالي 1.2 طن من المادة الجافة الصلبة لكل متر مكعب. ومن ثم، فإن المتوسطات الحسابية للقياسات المذكورة بالأعلى تماثل 1.88، 3.29، 9.95 مليون طن من المادة العالقة على الترتيب.

وكما نوَّهنا بالفعل، تُستعمل النسبة الأكبر من الطمي المستخرج من الترع والمصارف في عمليات التطهير السنوي في إصلاح وتقوية الضفاف، وتُنشر نسبة صغيرة فقط منه على الأراضي المزروعة. لا توجد قياسات متاحة لتحديد هذه النسبة الأخيرة؛ لكنني علمت من مصادر بوزارة الرى أنه عند تقدير قريب جداً فإن نسبة الطمي المستخرج التي تُنشر على الأراضي المزروعة تعد ضئيلة المقدار في حالة أراضي الري الدائم بصعيد مصر، وحوالي 10 % في حالة أراضي مصر السفلى. وباتخاذ هذه النسب، سيكون لدينا المتوسطات الموضحة في جدول (69) لكميات المادة العالقة الناتجة عن عمليات تطهير الترع والمصارف والتي تُنشر سنويا على الأراضي.

وبجمع هذه البيانات السابقة، فستكون لدينا البيانات الحسابية التالية لإجمالي كميات المادة العالقة التي تتراكم سنوياً على الأراضي والتي يوضحها جدول (70)

ونظرا لأن المتر المكعب من طمي النيل المجمَّع يحتوي على حوالي 1.8 طن من المادة الصلبة الجافة؛ فإن أوزان المادة العالقة المضافة سنويا إلى الاراضي، والمذكورة بالأعلى، تماثل إضافات قدرها 4.87، 1.56، 0.83 مليون متر مكعب على الترتيب إلى سمك الطمي المترسب المتراكم.

ويتضح من جدول (71) متوسط إجمالي مساحات الفئات الثلاث من الأراضي المنزرعة خلال السنوات الثلاث.

وبناءً على تلك المساحات وعلى الارقام المذكورة آنفاً عن أوزان المادة العالقة التي تضاف سنويا للأراضي؛ ستكون لدينا البيانات التالية في جدول (72) عن السمك التقريبي بالمليمترات الذي يُضاف سنويا لإرساب طمي النيل حاليا:

وتلك المقادير تماثل معدلات زيادة السمك بـ 3.1،10.3، 0.6 سنتيمتر لكل قرن على الترتيب.

معدل زيادة سمك طمي النيل في الماضي

أجرى الكثير من المحللين محاولات عديدة في فترات مختلفة لتقدير معدل ترسب الطمي في الماضي، بطرق تعتمد إما على قياس السُمك الذي تراكم عنده الطمي حول الأبنية القديمة منذ تاريخ إنشائها، أو على الفروق بين مستويات فيضان النهر في العصور السالفة وفي عصرنا الحالي، حسبما استُنتج من السجلات السابقة لقراءات منسوب النيل أو من علامات النيل العالي القديمة.

عند بداية القرن التاسع عشر تقريباـ استنتج جيرارد[3]– من قياس اختلاف الارتفاع بين أعلى مناسيب النيل في عصره وبين نقش يرجع لعصر حكم سبتيموس سيفيروس عن الفيضانات في ذلك الوقت – أن منسوب فيضان النهر عند أسوان قد ارتفع لـ 2.11 متر في فترة الألف وستمائة سنة السابقة لعام 1800م، وهو يماثل معدلاً متوسطاً قدره 13.2سم لكل قرن، وباعتبار أنه لو ظل حجم المياه المتدفق سنويا في النهر ثابتا، وأن مستوى اليابسة ومستوى قاع النهر لابد أنهما قد ارتفعا بالضرورة بنفس معدل ارتفاع مناسيب الفيضان، فقد استنتج معدلا للإرساب على كل من قاع النهر وعلى اليابسة مساويا للمتوسط الحسابي للنتيجتين السالفتين المذكورتين، أو 12.6 سنتميتر لكل قرن.

وبعد ذلك بحوالي خمسين عاماً، أجرى هورنر[4] تقديراً للمعدل الذي ترسب عنده طمي النيل عند القاهرة، عن طريق القياس المباشرة للسمك الذي تراكم عند كل من:

1- حول قاعدة مسلة هليوبوليس،
2- حول قاعدة تمثال رمسيس الثاني الضخم عند منف (ميت رهينة).

في حالة مسلة هليوبوليس، وجد عند إجرائه للتنقيب هناك أن أساس القاعدة التي تنتصب عليها المسلة كان يقع على مسافة 12 قدم و4 بوصات ونصف تحت مستوى السطح. كان هناك بعض الشك فيما يتعلق بالعمق الذي طُمرت عنده القاعدة في الأرض، لكن بالتجاوز عن قدم و4 بوصات ونصف لهذا العمق، فسيتبقى هناك 11 قدماً (3.35 متر) بخصوص السمك الذي تراكم عنده طمي النيل حول المسلة منذ تاريخ تنصيبها، وبا فتراض أن المسلة قد نُصبت في منتصف فترة حكم سيزوستريس الأول من الأسرة الثانية عشر تقريباً، أي حوالي 1960 ق.م حسب السجلات التاريخية التي أقرها علماء المصريات حاليا، فإن هذا يماثل معدل ترسيب قدره 8.8 سم لكل قرن.

في حالة تمثال رمسيس الثاني الضخم في ميت رهينة، أجرى هورنر تنقيبا بسيطاً أظهر أساس الرصيف الذي نُصب عليه التمثال وأنه يقع تحت سطح الأرض بمقدار 11 قدم وبوصتين وثلاثة أرباع البوصة، ومع ذلك كانت الثماني بوصات العليا مكونة من تراب ورمل وليس من راسب نيلي أصلي. وباقتطاع هذه البوصات الثماني وبافتراض أن قاعدة الرصيف كانت تحت سطح الأرض بمقدار 14 بوصة وثلاثة أرباع البوصة في الوقت الذي وُضعت فيه، فسيتبقى هناك تسعة أقدام و 4 بوصات (2.85 متر) للسُمك الذي تراكم عنده طمي النيل في الفترة الزمنية ما بين تاريخ تنصيب التمثال وعام 1854 – تاريخ التنقيب المذكور آنفاً. من المفترض أن التمثال قد نُصب في منتصف فترة حكم رمسيس الثاني – أي حوالي عام 1260 ق. م حسب السجلات المعترف بها حالياً، وهذا يمدنا بمعدل إرساب قدره 2.85 متر في 3114 سنة، أو 9.2 سنتيمتر في القرن.

في عام 1896، استنتج فنتر باشا[5]– من بحث أجراه عن ارتفاعات مناسيب النيل في مقياس النيل بالروضة المماثلة لمستويات فيضان النهر الوافية في عام 870 م تقريباً، وفي زمنه الحالي - أن الأرض الغرينية بالقرب من القاهرة قد ارتفعت بواسطة الإرساب بمتوسط يبلغ 14.3 سنتيمتر في القرن. وقد استنتج أيضاً من فروق الارتفاع بين علامات متوسط منسوب أربعين فيضان مرتفع للنيل ترجع لحوالي900 عام ق.م على حائط رصيف معبد الكرنك الكبير بالقرب من الأقصر، ومتوسط مستويات النيل العليا في نفس المكان في عصره، أن متوسط منسوب فيضان النيل عند الأقصر - وبالتالي مستوى قاع النهر في ذلك المكان أيضاً – قد ارتفع بمقدار 2.86 متر في 2800 سنة، أو بمعدل متوسط قدره 9.6 سنتيمتر في القرن، لكنه خالف رأي جيرارد أن الأرض الغرينية لابد أنها بالضرورة قد ارتفعت بنفس المعدل الذي ارتفع به قاع النهر، وجادل أن ترسُّب الإرسابات لا بد أنه قد استمر بشكل دائم بدرجة أكثر سرعة في الماء الثابت في حياض الري مقارنةً بالماء المتدفق في النهر نفسه، وقد اعتبر أن متوسط معدل ارتفاع اليابسة عن طريق الإرساب في الأقصر ربما كان تقريبا نفس المعدل الذي قدَّره لإرساب الأرض الغرينية بالقرب من القاهرة، أي 14.3 سنتيمتر في القرن.

إن التقديرات السابقة هي في مجملها عرضة لقدر كبير من الشك. إن أعلى علامات النيل قديماً وحديثاً التي لاحظها وسجلها جيرارد عند جزيرة إلفنتين بأسوان ربما لم تمثل تماماً مستويات فيضان عالية فوق مستويات الفيضان الاعتيادية لكلا الفترتين الزمنيتين على حد سواء، فمن الممكن أن كل الاستنتاجات القائمة على الملاحظات المسجلة عند مقياس النيل بالروضة تعد خاطئة بسبب أن مبنى المقياس قد هُدم مرات عديدة وأعيد بناؤه منذ تاريخ إنشائه، وأن درجة معدل ارتفاع مناسيب النهر التي واكبت معدل ارتفاع ترسب الارسابات على اليابسة قد تأثرت بتغيرات الانحدار الناتجة عن التحات عند الجنادل، بالإضافة الي حركة الارتفاع والانخفاض للبحر المتوسط قياسا باليابسة. والقياس المباشر لسمك الطمي الذي تراكم حول المباني الأثرية القديمة يتضمن دائما بعض الافتراضات الخاصة بالعمق الذي طُمرت تحته الأساسات في الأرض، كما أن معدل التراكم عند مكان معين - حتى وإن لم يكن ممكنا تحديده بالضبط – قد لا يمثل بشكل صحيح المعدل المتوسط بالنسبة للأرض الغرينية ككل. ومن بين النتائج المتعددة المذكورة آنفاً، فإن تلك النتائج التي تبدو فعلياء أقلّها عرضة للخطأ هما تقديرا هورنر لمعدل ترسب الطمي على الأرض الغرينية بالقرب من القاهرة، وتقدير فنتر باشا لمعدل زيادة منسوب فيضان النهر عند الأقصر، وسيلاحظ أن تلك التقديرات الثلاثة ليست هي المتفقة إلى حد قريب مع بعضها البعض (تقديرا هورنر هما 8.8 كم و 9.2 سم في القرن لمعدل إرساب طمي النيل، وملاحظات فنتر باشا أمدتنا بـ 9.6 سم لمعدل ارتفاع مستوى فيضان النهر) بل هي جميعا أيضا تتفق بشكل معتدل مع الرقم 10.3 سم في القرن الذي توصلتُ إليه آنفا للمعدل التقريبي لزيادة سمك طمي النيل في أراضي الحياض بصعيد مصر في الوقت الحالي.

هذا الاختلاف بين متوسط نتيجتي هورنر وهذا الرقم المذكور أخيرا هو في الحقيقة أقل الى حدٍ ما عمّا توقعناه، وذلك بناءً على الافتراض أن تقدير المعدل الحالي صحيح وأن حجم مياه النهر وكميات المادة العالقة التي يجلبها قد ظلت ثابتة بلا تغيير منذ أقدم العصور التاريخية حتي زمننا الحالي، لأن تراكم الإرسابات على أراضي الحياض في خط العرض المار بالقاهرة (بالقرب من المكان الذي أجرى فيه هورنر قياساته) في أي فترة زمنية، سيُتوقع بالطبع أن يحدث عند معدل أبطأ نوعا ما في أراضي الحياض بصعيد مصر، بسبب تناقص نسب المادة العالقة المحمولة في النهر عند عبوره قبالة القاهرة مقارنة بتلك النسب للمادة العالقة التي يحملها النهر في صعيد مصر.

وأخذًا في الاعتبار كل مصادر الشك في الطرق العديدة للقياس، فقد نستنتج أن المتوسط الحسابي لنتيجتي هورنر – أي 9 سنتيمترات في القرن – يمكن قبوله بشكل مقنع لكل من المعدل المتوسط لزيادة سمك طمي النيل وكمعدل متوسط لزيادة مستوى قاع النهر في خط العرض المار بالقاهرة منذ بداية العصور التاريخية، ويمكننا الآن على نحو صائب افتراض أن المتوسط الحسابي لمعدل زيادة سمك طمي النيل ولمعدل زيادة مستوى قاع النيل في وادي النيل والدلتا ككل خلال نفس الفترة، أنه نفس المعدل المتوسط لهما عند القاهرة.

فيما يتعلق بمعدل إرساب طمي النيل في عصور ما قبل التاريخ، عندما لم تكن تطبَّق أي نظم للري أو كان تطبيقها محدودا، وعندما كان تدفق النهر و توزيع مياه فيضانه لا يتحكم فيهما الإنسان بشكل كامل؛ فليست لدينا أية وسيلة لتكوين تقدير شديد الدقة. واتساقاً مع حرية النهر في زيادة تدفق مياهه وإغراقه

لضفافه وتنظيف الترع والقنوات لنفسها بنفسها في أرضية الوادي وفي الدلتا عند كل فيضان مرتفع، فقد كان الإرساب بلا شك أكثر عشوائية مقارنةً بما أصبح عليه الحال فيما بعد، و كانت مياه الفيضان حرة في عودتها للنهر بمجرد هبوط مستواه، بدلا من احتجازها صناعيا لحوالي أربعين يوما أو أكثر في الأراضي التي كان يطبق فيها ري الحياض، وربما كان متوسط سمك الطمي المترسب على أرضية الوادي كل عام أقل نوعاً ما مقارنة بسمكه خلال العصور التاريخية. مع ذلك، فقد يبدو في الإجمال من المعقول افتراض أنه في آلاف السنين السابقة للعصور التاريخية ربما كان المعدل المتوسط للإرساب مقاربا جدا لنفس المعدل الذي كان عليه في الفترات التاريخية، أي حوالي 9 سنتمترات في القرن.

عمر طمي النيل

بأخذ متوسط سمك طمي النيل الأصلي في مصر بأنه 9 أمتار (وهذا الرقم هو المتوسط الحسابي بين متوسط سمك الطمي في لوادي وفي الدلتا كما أوضحنا سابقا، وبافتراض إن إرسابه قد حدث – بناءً علي ما شرحناه بالأعلى – عند معدل متوسط قدره 9 سنتيمترات في القرن، فإن إجمالي الفترة التي استغرقها الإرساب ستكون حوالي عشرة آلاف عام. وعلى ذلك، يكون إرساب طمي النيل الأصلي قد بدأ حالي عام 8000 ق.م، والذي يماثل بداية العصر الحجري القديم تقريبا، وذلك وفق السجل التاريخي التقريبي الوارد في جدول (2) بالفصل الثاني.

وبالطبع فإن التاريخ الذي توصلنا إليه لا يمثل ذلك التاريخ الذي بدأ فيه النيل جلب المادة العالقة دقيقة التجزئة، بل هو التاريخ الذي كانت فيه المادة العالقة التي يحملها النهر و يوزعها علي سهولة الفيضية بمصر خالية من أي خليط كبير المقدار من الرمل الخشن، حيث أنه تحت طمي النيل الأصلي يوجد في معظم الأماكن سُمك هائل من الطمي المختلط بالرمل الذي من الواضح أن النهر قد رسَّبه خلال فترة مبكرة من تاريخه. والتفسير المحتمل للتغيُّر من الطمي والرمل المختلط إلى طمي النيل في أوائل العصور الحجرية الحديثة يبدو أنه يعود إلى مدة زمنية كبرى قبل العصر الحجري الحديث، فقد كان انحدار النهر – وبالتالي سرعته– ما بين أسوان والبحر المتوسط أكبر من انحداره حاليا، بحيث أن الجزيئات ذات الأحجام الكبيرة كانت تُحمل كمحلول عالق إلى السهول الفيضية. لكن بحلول الفترة الأولى الباكرة من العصر الحجري الحديث، عمل التحاتّ في منقطة الجنادل – بالإضافة إلى الارتفاع التدريجي في مستوى البحر المتوسط قياساً باليابسة – على تقليل الانحدار إلى مستواه الحالي تقريبا.

وفي اعتقادي، أن حقيقة أن السُّمك الذي تراكم عنده طمي النيل، والذي يبدو أكبر بكثير في الأجزاء الشمالية من الدلتا عنه في أى مكان آخر (انظر جدول 63)، يمكن تعليله بأن فروع المصبات القديمة لنهر النيل قد صرّفت مياهها – في حالات عديدة – في بحيرات ضحلة على امتداد الساحل، ناهيك عن صرفها في البحر المتوسط نفسه. وبالطبع، فإن إرساب المادة العالقة سيستمر بدرجة أكبر سرعة وأكثر اكتمالا في المياه الساكنة لتلك البحيرات مقارنةً بإرسابها علي الأرض التي تُغمر بالماء خلال الفيضان السنوي، وربما قد زادت سهولة الإرساب لحدٍّ ما عن طريق خليط من المياه المالحة القادمة من البحر.

الفصل الثامن:

التاريخ البيئي للفيوم وبحيرتها

تعد الفيوم جزءًا فريداً بين كل الأقاليم المصرية، فعلى الرغم من أن أراضيها تُروى بالتدفق المباشر من النيل كأراضي الوادي والدلتا، إلا أن الصرف من أراضي الفيوم لا يرجع إلى النهر أو إلى البحر المتوسط، بل في بحيرة شبه مالحة، تقع دون سطح البحر بحوالي 45 مترا في أكثر أجزاء هذا الأقليم انخفاضاً ثم تتخلص البحيرة من هذا الصرف عبر التبخر.

والفيوم منخفض عميق في الهضبة الجيرية للصحراء الليبية، استطاعت مياه النيل أن تجد عبر الزمن إليه مدخلا. تجمع الفيوم إذن بين ميزتين، فهي من ناحية ترتبط بالواحات وبقية المنخفضات الكبرى في الصحراء الليبية التي ليس لها بالمثل تصريف خارجي، كما ترتبط من ناحية أخرى ببقية أقاليم وادي النيل والدلتا، التي تُروى بماء النيل.

يُضفي هذا الارتباط المزدوج اهتماماً بالغ الخصوصية على دراسة التاريخ البيئي للفيوم. لأنه في الوقت الذي نجد فيه الآن أن الإرسابات التي تكونت في العصر الحجري الحديث في وادي النيل والدلتا مطمورة حالياً تحت طمي الأرض المزروعة، فإن أجزاءً من تلك الإرسابات التي قد تكونت في نفس الفترة الزمنية في منخفض الفيوم لا تزال مكشوفة على السطح وقابلة للفحص.

وعلاوة علي ذلك، فإن الربط بين بقايا بعض مدرجات بحيرة الفيوم مع المدرجات النيلية القديمة (والتي يمكن تعقبها علي ارتفاعات مختلفة فوق مستوى الأرض الزراعية الحالية داخل وادي النيل) يحقق لنا هدفين:

- توفير وسيلة للتأكد من تحديد الفترة الجيولوجية التي تمكنت فيها مياه النيل من الدخول لأول مرة إلى منخفض الفيوم.
- يساعدنا في الوصول إلى استنتاجات بشأن العصر الذي تجوَّفت فيه الفيوم والمنخفضات الكبرى الأخرى في الصحراء الليبية.

هناك ظرف آخر يضيف اهتماما خاصا إلى دراسة التاريخ البيئي للفيوم وهو يتضمن دراسة لأكثر المسائل إثارة للجدل عن امتداد ومنسوب بحيرة موريس القديمة الشهيرة، والتي زارها هيردوت في حوالي عام 450 ق. م ووصَفها بأنها بحيرة صناعية، يبلغ محيطها 3600 فرسخاً، وعمقها يبلغ 50 قامة، مشيرا إلى أن مياه النيل تتدفق إليها ستة أشهر من السنة، ثم يتدفق منها تيار عكسي عائد إلى النيل خلال الستة أشهر المتبقية. ولا شك أن بحيرة الفيوم الحالية – المسماة بِركة قارون – هي البقية الباقية من تلك البحيرة القديمة التي تحدث عنها هيرودوت.

زاد الاهتمام بالفيوم بقدر عظيم في السنوات الأخيرة بفضل الجهود المضنية لعدد من علماء الجيولوجيا والأثريين بالإضافة إلى أنشطة مصلحة المساحة المصرية. والهدف الأساس الذي أسعى إليه في هذا الفصل أن أصف باختصار – بترتيب تاريخي متسلسل – الأبحاث الرئيسية التي أُجريت والنتائج العديدة التي توصل إليها العديد من العلماء الذين اهتموا بالفيوم، وغرضي في المقام الثاني هو أن أحاول بقدر ما في استطاعتي أن أعيد كتابة التاريخ البيئي لمنخفض الفيوم وبحيرتها في ضوء كل ما هو متاح من أدلة ذات صلة بالموضوع.

أولت مؤخرا بعض الدراسات عناية بالتغيرات الجغرافية التي حدثت في الفيوم، وإن كان ذلك قد اهتم أساسا بفترة "العصر التاريخي". وجاء ذلك في سياق محاولات الجغرافيين ومهندسي الري تحديد موقع بحيرة موريس القديمة.

ففي عام 1809، سعي **جومار** – وهو أحد العلماء الذين رافقوا نابليون في حملته العسكرية على مصر عام 1798 - إلى تحديد موقع هذه البحيرة القديمة مقارنة ببركة قارون الحديثة[1]. لم يستطع جومار تحديد مقدار العمق الذي تبلغه بِركة قارون مقارنة بمستوى النيل عند بني سويف، ومن ثم تخيل جومار أنها لم تكن تحتاج في العصور القديمة سوى إلى حوالي ستة أو سبعة أمتار أعلى من منسوبها الحالي كي تحقق تدفق سنوى عكسي للمياه بينها وبين النيل، على النحو الذي وصفه هيرودوت، وقد اعتقد أنه ربما حدث هبوط لحوالي سته أو سبعة أمتار في منسوب البحيرة في تلك الفترة الزمنية، بسبب تضاؤل كمية المياه التي تدخل البحيرة من النيل من جهة، ومن جهة أخرى نتيجة ارتفاع تدريجي لقاع المنخفض ناجم عن التراكم المتتابع للرواسب الفيضية التي كانت تدخل المنخفض.

ومع ذلك، أدرك جومار أنه حتى بوصول البحيرة إلى المستوى الذي افترضه (6 أو 7 أمتار أعلى من منسوبها الحالي) فإن محيطها يبقى أصغر بكثير وعمقها أكثر ضحالة مقارنةً بما عيَّنه هيرودت لبحيرة موريس في زمنه، لكن جومار فسّر هذا التناقض بافتراض أن الأبعاد التي ذكرها هيرودت كان مبالغا فيها.

في عام 1843 وجد **لينان دو بلفون** – الذي كان يعمل مهندسًا في خدمة والي مصر محمد علي باشا ثم ناظرا للأشغال العمومية – أن بركة قارون توجد علي عمق دون مستوى وادي النيل أكبر بكثير من العمق الذي افترضه جومار(وإن لم يقترح بدوره تقديرا حاسما) ونشر بحثا[2] رفض فيها تعيينات وحسابات جومار التي اعتبرت بحيرة موريس هي الأصل لبركة قارون الحالية، والتي يفترض أنها بلغت ارتفاعا كافيا يسمح لرجوع المياه المتدفقة من البحيرة إلى النيل، فلو كان ذلك صحيحا فلابد أن تدفق المياه العائد من البحيرة إلى النهر كان بعد غمر المعبد المعروف باسم قصر قارون وأطلالاً أخرى قرب البحيرة، بينما كانت كل هذه المعابد، وفق اعتقاد بلفون، موجودة قبل زمن هيرودت.

وفي سياق رحلاته في الفيوم، اكتشف دو بلفون بقايا سدود قديمة، وافترض أنها بُنيت صناعيا حول بقعة مرتفعة نسبيا في الجزء الشرقي من قاع المنخفض، فقدم افتراضاً أن هذه البقعة من الأرض كانت تمثل موقع البحيرة القديمة، والتي كانت بذلك منفصلة عن بركة قارون وكانت على مستوى أعلى منها بكثير. وصار افتراض دو بلفون (المتفق مع عبارة هيرودوت بأن موريس بحيرة اصطناعية وليست طبيعية، علي الرغم من أنه مازال هناك تناقض في الحجم والعمق) مقبولا على نطاق واسع بين علماء المصريات في ذلك الزمن، وأصبح رأي لينان الخاص بموقع وامتداد البحيرة القديمة رأيا سائدا لما يزيد عن 40 سنة تالية.

في عام 1871، قام **روسّو** Rousseau بك - الذي كان منهمكا في إعداد خريطة جديدة لأراضي الفيوم - بعمل خط من موزاين التسوية (موازين المياه spirit-levelling) من وادي النيل حتي بركة قارون، ووجد أن سطح البحيرة في يناير 1871 قد بلغ 41.72 متر تحت مستوى البحر أو 63.5 متر

هوامش الفصل

([1]) JOMARD (E.F.) "Memoires sur le lac de Moeris ". Description de l'Egypte: Antiquites, Memoires, Tome I, Paris 1819, pp.79-114.

([2]) LINANT DE BELLEFONDS " Memoires sur le Lac Moeris ".Alexandria ,1843.

(انظر المقطع من الواسطى حتي بركة قارون، القائم علي عملية التسوية الارضية التي أجراها روسو بك على الخريطة المرفق بمقال البروفسيور شفاينفورت:

([3]) " Bemerkungen zu der karte des Fajum " in the Zeitschrift der Gesellschaft fur Erdkunde zu Berlin , Band XV (1880) , pp. 152-160.

([4])" Le lac Moeris et son Emplacment " , Revue Archeologique , paris , june 1882 , also " Recent Explorations in the Desert near the Faium. The lake of Moeris ", proceedings of the society of Biblical Archaeology, London , June 1882 , and " Moeris , Labyrinth , Minotaur , Pithom " , proceedings of the society of Biblical Archaeology , London , June ,1883.

هذه المقالات البحثية الثلاثة التي كتبها مستر كوب وايتهاوس أعيد طبعها معا (لندن 1885) في كتيب، توجد نسخة منه في مكتبة المجمع العلمي المصري بالقاهرة.

([5]) "Lake Moeris.Justification of Herodotus by the Recent Researches of Mr. Cope whitehouse ". The Egyptian Gazette , Cairo , 28th April 1883.أعيد طبعها في ص 14- 48 من الكتيب الذي أشرنا اليه في الهامش السابق..

انظر ايضا: " Reise in das Depressionsgebiet im Umkreise des Fajum " , Zeitschrift der Gesellschaft fur Erdkunde zu Berlin, Band XXI (1886) ,

حيث في هامش بصفحة 134 يقرر بروفيسور شفانيفورت أن الضفة بالقرب من العدوة - التي اعتقد لينان انها صناعية – هي في الحقيقة ضفة طبيعية مكونة من الحصى، وأن البناية بالمنيا – في الجزء الجنوبي من الفيوم، التي تشبه ضفة العدوة قد اعتبرها لينان جزءا مكونا للسد الكبير الذي اعتُقد أنه قد شُيد ليحتوي بحيرة موريس القديمة – هي في الحقيقة سد بُني في تاريخ حديث نسبيا بغرض ان يحتجز وراءه الماء في الوادي الذي يفيض فيه المصرف المسمى ببحر الوادي.

([6]) See " Hawara ,Biahmu ,and Arsinoe" , London , 1980.

في ص 2 من هذا البحث يسرد سير فليندر بترى أسبابه للاعتقاد أن المياه كانت في الجزء الخارجي من ضفة العدوة، وليس في الجزء الداخلي كما افترض لينان دوبلفون.

([7]) MAHAFFY, (J.P.) "The Empire of the Ptolmies ", London 1895, pp.145 ,158 ,172-178.

لترجمة نقوش خطاب كيلون (الذي كان مقاولا لعمال البناء تحت حكم بطليموس الثاني) انظر

Mahaffy, "The Flinders Petrie paperi ", London 1891, part ii, Xiii.

([8]) Grenfell (B.P.) and Hunt (A.S.) " The Disposition of Lake Moeris ". Egypt Exploration Fund Archaeological Report. London 1898-99 , part I ,D,pp.13-15. see also GRENFELL , HUNT , and , HOGARTH , " Some Fayum towns and their papyri " , London 1900, p.15.

([9]) BEDANELL (H.J.L) " The Topography and Geology of The Fayum province of Egypt " , Cairo 1905.

([10]) " CATON – THOMPSON (G.) and GARDNER (E.W.) , " Recent Work on the problem of Lake Moeris " , Geographical Journal , London ,January 1929 , pp. 20-60. See also the later work by the same authors, "The desert Fayum ", London 1935.

([11]) SANDFORD (K.S.) and Arkell (W.J.) , " Palaeolithic Man and the Nile – Fayum Divide" , university of Chicago press , 1929.

تحت مستوى الأراضي الزراعية المحاذية للنيل عند بلدة "الواسطى"[3].. هذا الحساب – والذي من الأرجح أنه كان قريبا من الصواب في الوقت الذي أُجري فيه – أظهر أن البحيرة تقع عند مستوى أقل بكثير من المستوى الذي افترضه دو بلفون عند كتابة بحثه في 1843، لكن روسو ظل معتقدا أن المعابد والأطلال الأخرى القريبة من البحيرة كانت موجودة قبل عصر هيرودوت، ومن ثم فإن حسابات روسو بك للمستوى الحقيقي للبحيرة في تلك الفترة ساهمت أيضا في تعزيز الاعتقاد بصواب فرضية لينان دو بلفون.

لكن بحلول عام 1880، بزغ اعتقادٌ زاد مع الوقت (وأثبتت صحته تماما الأبحاثُ الأثرية) أن الأطلال الأثرية حول البحيرة قد لا تكون ذات أصل مصري قديم، لكنها تعود لتاريخ حديث نوعا ما (بطلمي وروماني) وذلك – في تلك الحالة بالطبع – يعد من الأسس الرئيسية لرفض فرضية لينان على الفور.

وفيما بين عام 1882، وعام 1886 انتقد مستر **كوب وايتهاوس**[4] آراء لينان. اعتقد وايتهاوس أن موقع بحيرة موريس كان في وادي الريان، كما لقيت آراء لينان أيضا نقدا من بروفيسور شفاينفورت[5] وسير فليندرز بتري[6] اللذين اعتقدا بوجود بحيرة كانت علي اتصال حر بالنيل وشغلت حوض الفيوم من عصور ما قبل التاريخ حتي العصور التاريخية.

وجاءت الضربة القاضية ضد فرضية لينان في عام 1892 مع نشر كتاب (السير) **هانبرى براون**: "الفيوم وبحيرة موريس". في ذلك الكتاب، أظهر بروان – الذي كان مفتشا عاما للري في مصر العليا– أن البيانات التي استخدمها لينان عن مناسيب الأرض في صياغة نظريته كانت بيانات خاطئة تماما، وحتى لو افترضنا تكوَّن تلك البحيرة الاضطناعية التي تخيلها، فإن السدود التي شُيدت كانت قادرة على الاحتفاظ بمياهها أعلى من مستوى الأرض المحيطة بها بنحو 13 مترا أو أكثر (بل و 20 مترا في بعض الأماكن)، وتلك حالة حتى وإن كانت قابلة للتحقق، فلابد أنها وضعت الأراضي المزورعة بجوارها (فيما بين البحيرة الاصطناعية وبركة قارون) في خطر التعرض المستمر للدمار باحتمال حدوث كسر في ضفافا هذه السدود.

قدَّم سير هانبرى براون افتراضا خاصا به ليحل محل فرضية لينان. لقد اعتقد هو وسير فلندرز بترى وآخرون أن بحيرة طبيعية عالية المنسوب، تتصل بالنيل بشكل حر، كانت موجودة داخل الفيوم منذ عصور ما قبل التاريخ، وملأت المنخفض بأكمله لتصل إلى منسوب بلغ حوالي 25 مترا فوق مستوى سطح البحر ، وأن ما فعله "الملك موريس" الذي ذكره هيرودت لم يكن تشييد بحيرة صناعية، بل استصلاح جزء صغير نسبيا من هذه البحيرة الطبيعية – مساحته حوالي 100 كيلومتر مربع حول الموقع الحالي لمدينة الفيوم - حيث كان عمق البحيرة في هذا الموضع ضحلا لدرجة أن جزء من قاعها كان ينكشف في كل عام مع موسم التحاريق.

وتم ذلك الاقتطاع من البحيرة الطبيعية أولا عن طريق بناء سدود ببوابات عبر القناة التي تصل البحيرة بنهر النيل، بحيث تجعل التيار المتدفق من النيل إلى البحيرة تحت السيطرة، ثم بناء جسر أرضي لفصل المنطقة التي يراد استصلاحها عن بقية البحيرة، ثم في النهاية تنظيم كمية التدفق السنوي للمياه من النهر بحيث لا ترتفع البحيرة مطلقا إلى مستوى أعلي من 22 متر فوق سطح البحر وبالتالي لا تتدفق المياه قط بشكل زائد عن الحاجة من وراء الجسر الأرضي إلى المساحة المستصلحة.

([12]) See LITTLE (O.H.), "Recent geological work in the Faium and in the adjoining portion of the Nile valley ", Bull. Inst. d'Egypte, t. XVIII (1936), PP.201-240.

13 Gardner (MISS E.W.) , " Some Lacustrine Mollusea from the Faium Depression " , Mem. Inst.d'Egypte Tome XVIII (1932) , PP.78-79.

([14]) HORNER (L) "An Account of some recent Researches near Cairo, undertaken with view of throwing light on the Geological History of the alluvial land of Egypt ", Phil. Trans., London, 1858, pp.71-15.

([15]) يبدو أن أول من ذكر السدود ذات البوابات بغرض التحكم في تدفق المياه كان تيودور الصقلي، الذى ذاع صيته في عام 44 ق. م تقريبا، أي في نهاية العصر البطلمي تقريبا.

([16]) Herodotus, ii , 149 , and iii ,91.

([17]) هذا الرقم مشتق من تحليلات دكتور ويليامسون من وزارة الزراعة المصرية، القائمة على عينات أُخذت كل أسبوعين في القاهرة خلال عامي 1933 و1934 مضافاً إليها مقدار تصرف النهر أمام القاهرة في التواريخ المماثلة حسبما وفرتها المصلحة الفيزيقية المصرية.

([18]) willcoks (sir w.) and CRAIG (J.I) , " Egyptian Irrigation " , London , 1918 , vol I , p.291.

([19]) BROWN (R.H.), "The fayum and Lake Moeris ", London 1802, p.88.

([20]) "Karanis " , edited by A.E.R. Boak. university of Michigan Studies , Humanistic Series , vol. XXX., Ann Arbor , 1913 , p.29 , Plans VII and VIII , and Figs.6, 7 & 8.

([21]) GRENFELL HUNT, and HOGARTH, "Some Fayum Towns and their Papyri ", London, 1900. pp.15,16.

([22]) LANE –POOLE, "A History of Egypt in the Middle Ages ", London 1901, pp.3 and 4.

([23]) Ibid, p.80.

([24]) من المعروف بأن مخطوطتين من كتاب النابلسي موجودتان، الأولى تعود لعام 1447 م ومحفوظة الآن في المكتبة الملكية بالقاهرة، والثانية محفوظة الآن في مكتبة آيا صوفيا بالأستانة. نشر النص العربي للنسخة الأقدم ومعه مقدمة باللغة الفرنسية كتبها دكتور بي موريتز، في عام 1890 تحت عنوان DESCRIPTION DU FAYOUM AU VIIEME SIECLE DE L'HEGIRE " (PUBLICATION DE LA BIBLIOTHEQUE KHEDIVIALEE , VOL. VI)"، وقام احمد زكي بك بتحقيق الكتاب بالفرنسية مع ملاحظات وتعليقات مهمة ونشر في نفس السنة في بحث بعنوان "Une description Arabe du Fayoum au VIIeme Siecle de l' Hegire " نشر في " Bulletin de la socitet khediviale de geographie , serie V, pp.253-295 ". – وانني مدين لهذا البحث الأخير ولبحث كتبه ج. سالمون المشار اليه في الحاشية القادمة بالتعرف على محتوى مخطوطة النابلسي.

([25]) بخصوص تعيين الاماكن التي ذكرها النابلسي، انظر ورقة بحثية كتبها G. SALMON بعنوان: "Reportoire Geographique de la province du Fayoum d'apres le Kitab Tarikh Al Fayyoum d'An Naboulsi "in the Bulletin de l'institut francais d'Archeologie Orientale.Vol.1 (Cairo 1901) pp.30-77.

([26]) LINANT DE BELLEFONDS "Memoires sur les principaux Traveaux excutes en egypte", paris 1872-1873, p.348..

([27]) BROWN, (R.H.) "The fayum and the Lake Moeris" , London 1892, p.11.

([28]) LINANT DE BELLEFONDS,op.cit., p.348.

([29]) الفدان عبارة عن 4200.833 متر مربع. والكيلومتر المربع = 238.05 فدان.

([30]) BELZONI (G.B.) , " Narrative of operations and recent Discoveries in Egypt and Nubia ", Third edition , London , 1822, Vol.2. p. 152.

لابد أن ذلك الفيضان شديد الارتفاع الذي أشار إليه بلزوني هو ذلك الفيضان لعام 1818. وقد وجدتُ دلائل وافرة على أن فيضان ذلك العام كان فيضاناءً مدمراءً وشكّل ظاهرة فريدة في ارتفاعه، قدمتها لي السجلات المعاصرة لمقياس النيل بالروضة قرب القاهرة، والذي نُشرت مقتطفات كاملة منها في الجزء الـ18 من كتاب علي باشا مبارك " الخطط التوفيقية الجديدة

على هذا النحو، ووفقا لفرضيه هانبري براون، كانت بحيرة موريس القديمة عبارة عن بحيرة طبيعية يتم التحكم فيها بشكل اصطناعي، وكانت تملأ حوض الفيوم بأكمله تقريبا، وبلغ محيطها حوالي 30 كم، وأقصى عمق لها كان حوالي 74 متر، وبذلك تقترب أبعادها من الأبعاد التي حددها هيرودت عن تلك البحيرة، مقارنةً بالأبعاد التي افترضها لينان والتي لم تتفق مع وصف هيرودوت.

وفيما يتعلق بالطريقة التي تحولت بها بحيرة موريس إلى إقليم الفيوم في عصرنا الحالي، اعتقد براون أنه في فترة ما بعد زمن هيرودوت، ونتيجة إهمال حكومات ضعيفة تقاعست عن صيانة وتشغيل القناة والسدود المقامة عليها مما تسبب في انخفض منسوب البحيرة دون منسوب النيل في مرحلة التحاريق، وبعد ما ترتب على ذلك من انقطاع الاتصال بين البحيرة والنيل بعودة المياه من البحيرة إلى النهر، فإن التدفق السنوي للمياه من النهر إلى البحيرة كان لا يزال محصوراً بالطريقة الاصطناعية، لأن التبخر ربما يؤدي لأن ينخفض منسوب البحيرة إلى مستويات أقل وبالتالي يكشف عن مساحة إضافية كبيرة من الأرض تستغل في الزراعة.

لقد دعمت الأبحاثُ الأثرية التي أُجريت لاحقاً فرضية براون، وذلك بعد سنوات قليلة من إعلانه عنها. فقد استنتج بروفسيور **مهافي** Mahaffy في 1895 من دراسته لمراسلات كيلون Kleon correspondence التي سجلتها البردية المعروفة باسم بردية بترى Petrie Papyri، أنه قد حدث استصلاح كبير للأراضي في بحيرة موريس بالفيوم في فترة حكم بطليموس الثاني (285- 247 ق.م)[7].

وفي عام 1899، قام **جرينفل وهانت** بإجراء تنقيبات أثرية في مواقع أطلال كل من: ديونيسياس (قصر قارون)، فيلوتيريس (الواطفة)، يوهيميريا (قصر البنات) ثيادلفيا (خرابة الإهريت) كرانيس (كوم أوشيم)، باكخياس (أم الأثل)، الواقعة علي مسافات تتراوح بين 3 – 18 كم عن شواطئ بركة قارون، ولم يجدا أية آثار أو بقايا لأي شيء يعود لزمن أقدم من القرن الثالث ق. م. وقد استنتجا أن كل هذه المدن قد تأسست في فترة حكم بطليموس الثاني، أي في العصر الذي ذكر برفيسور مهافي أن استصلاح الأراضي قد تم فيه، وأنه قبل ذلك العصر كانت الأراضي التي قامت عليها هذه المدن مغمورة تحت مياه البحيرة القديمة.

تطابق هذا الاستنتاج تماما مع فرضية براون ومعارضا تماما لفرضية لينان، فبافتراض أن رأي لينان كان صحيحا، لكانت كل المواقع التي قامت عليها المدن أرضا جافة منذ عصر الدولة الوسطى، وقد يُتوقع بدرجة موثوق فيها أن يتم الكشف عن آثار المدن والبنايات التي تعود لفترات أقدم من العصر البطلمي في بعض تلك المواقع. [8]

وفيما بين 1898 و 1902 قام **بيدنل** من مصلحة المساحة الجيولوجية المصرية بدراسة جيولوجية الفيوم والمناطق المحيطة بها ، والذي بيّن في كتابه الذي ألفه عن أبحاثه ونشره في 1905 [9]، أن الهضبة التي شُق فيها المنخفض تتكون من أحجار جيرية ومارل وصلصال وأحجار رملية من عصر الإيوسين، وتنتشر في شمال المنخفض أحجار رملية ورمال خشنة من عصر الأوليجوسين. وفيما حول الأجزاء الجنوب شرقية والشرقية والشمالية من المنخفض، وجد بيدنل إرسابات حصوية تصل لإرتفاعات

170و180 متر فوق مستوى سطح البحر، وأعتقد أنها تدل على خط الساحل لصفحة المياه التي كانت ممتدة علي هذه المساحة في عصور البليوسين داخل نطاق المنخفض.

وبرغم من أنه لم تكتشف أية إرسابات بحرية من عصر البليوسين داخل المنخفض نفسه، اعتقد بيدنل أن هذه الإرسابات على الأرجح ربما وُجدت في تلك المنطقة التي تتشابه مع تلك الإرسابات الموجودة عند بلدة "سدمنت" الواقعة علي جانب وادي النيل من ناحية الفيوم. وبالتالي فقد اعتقد بيدنل أن تجوُّف المنخفض قد بدأ عندما كانت الفيوم أرضا جافه في عصر البليوسين الوسيط، وأنه مع غرق اليابسة لاحقاً في عصر البليوسين، غمرت هذا المنخفض المجوف جزئيا مياه بحيرة مالحة كانت متصلة بالبحر الذي كان في ذلك الوقت فوق منسوبه الحالي بنحو 180 متراً.

ورأى بيدنل أن مراحل تكون المنخفض تمت على النحو التالي:

- تسبب إعادة ارتفاع اليابسة في نهاية عصر البليوسين في انفصال هذه البحيرة المالحة عن البحر، ثم جفت في نهاية الأمر
- ثم في عصر البلايستوسين تآكل المنخفض – الذي أصبح أرضا جافة مرة أخرى - حتى وصل إلى عمقه النهائي بفعل الرياح في المقام الأول
- فيما بعد في عصر البلايستوسين غُمرت اليابسة بالمياه مرة أخرى ثم قام النيل – الذي كان حينئذ يتدفق عند منسوب أعلى من المنسوب الحالي بعشرين متراً – بشق طريقه إلى المنخفض وملأه ببحيرة من الماء العذب، والتي ترسبت في قاعها الرمال والصلصال على صورة مروحة تنتشر من نقطة دخول المياه من النهر، وربما حدث بعد ذلك أن بدأ مستوى النيل والبحيرة في الانخفاض تدريجيا، وربما انقطع الاتصال بين النيل والمنخفض لفترة من الزمن،
- في العصور التاريخية الباكرة بدأ النهر في حمل وإرساب طمي النيل مسبباً ارتفاع قاع المنخفض، مع تحقق إعادة اتصال بين البحيرة والنهر – بافتراض أن ذلك الاتصال قد انقطع من قبل.

وقد استنتج بيدنل من توزيع الرواسب البحيرية من رمال وصلصال في الأجزاء الشرقية والشمالية من المنخفض، أن البحيرة لابد أنها قد شغلت في عصور ما قبل التاريخ مساحة بلغ قدرها عشرة أمثال مساحة بحيرة قارون حاليا، وبناءً على ملاحظته أن الحد الأعلى من هذه الإرسابات الصلصالية يبلغ ما بين 22 و 23 متراً فوق سطح البحر - ذلك الحد الذي وصلت إليه بحيرة موريس بالضبط حسب افتراض براون- فقد استنتج أنه قد لا يكون ثمة شك في أن بحيرة موريس التاريخية كانت في الحقيقة بحيرة من عصور ما قبل التاريخ وقد وُضعت تحت التحكم الاصطناعي بالطريقة التي افترضها براون.

وعلي سطح الرواسب الصلصالية ذات الأصل البحيرى وجد بيدنل كمية متنوعة من أدوات حجر الصوان، عديد منها مصنوعٌ بمهارة فنية شديدة الجودة، وقد اعتقد أنها تخص أقوام كانوا يعيشون حول شواطئ البحيرة في عصور ماقبل التاريخ، على الرغم من عدم استطاعته تقديم أي تاريخ قطعي محدد.

في 1929 قرأت **كاتون طومسون وميس جاردنر** ورقة بحثية أمام الجمعية الجغرافية الملكية بلندن[10]، شملت نتائج سلسلة هامة من الأبحاث الجيولوجية والأثرية قامتا بها في الجزء الشمالي من منخفض الفيوم في 1924 – 1928. ويمكن تلخيص نتائج أبحاث طومسون وجاردنر فيما يلي:

- بجانب الإرسابات التي يصل مستواها لـ 23 متر - والتي قام مستر بيدنل بعمل خرائط لها - كانت هناك إرسابات بحيرية أخرى داخل المنخفض، مكوّنة سلسلة طويلة من المناسيب المختلفة للبحيرة في الماضي، بدءاً من 40 مترا فوق سطح البحر حتى منسوب مترين تقريبا تحت سطح البحر.
- أنه بإجراء دراسة دقيقة للأدوات المصنوعة من حجر الصوان وللبقايا الأخرى الناتجة عن الوجود البشري والمرتبط بالإرسابات عند مستويات مختلفة، استطاعت طومسون وجاردنر الوصول لاستنتاجات مثيرة للاهتمام فيما يختص بالثقافات والأنشطة البشرية للشعوب المختلفة التي استوطنت المنخفض في عصور ما قبل التاريخ، وكذلك فيما يختص بالتغيرات المناخية في الماضي.
- بناء على النتيجة السابقة استنتجت كاتون طومسون ومس جاردنر أنه خلال العصور الحجرية القديمة ملأت منخفض الفيوم بحيرة كانت متصلة بالنيل، والتي قد وصلت في بادئ الأمر الى 40 مترا فوق مستوى سطح البحر ثم انخفض مستواها على مراحل متعاقبة ليصل لحوالي 5 أمتار تحت سطح البحر، عندما تضاءل مقدار الاتصال بالنيل ثم جفت البحيرة علي الأرجح.
- اعتبرت طومسون وجاردنر من تلك النتائج أن الإرسابات البحيرية الواقعة عند ارتفاع 22 مترا تقريبا – والتي اعتُبرت حتى الآن علامة مميزة لخط شاطئ بحيرة في العصور التاريخية –كانت في الحقيقة مجرد علامة مميزة لمصطبة من مصاطب هبوط البحيرة في العصور الحجرية القديمة.
- كما استنتجتا أيضا أنه في العصر الحجري الحديث اتصل النيل مرة أخرى اتصالا حرا بالمنخفض وكوَّن بحيرة وصل ارتفاعها لحوالي 18 مترا فوق مستوى سطح البحر، وأنه فيما بعد في العصر الحجري الحديث، انخفض مستوى البحيرة على مراحل لحوالي 2 متر دون سطح البحر، بسبب تقلص التدفق السنوي من النهر من ناحية، ومن ناحية أخرى بسبب الجفاف التدريجي للمناخ.
- من مواصفات البقايا البشرية للعصر الحجري الحديث التي عثُر عليها عند مستويات مختلفة، ذهبت دراسة طومسون وجاردنر إلى أنه قد حدثت هجرة لجماعة العصر الحجري الحديث الذين اشتغلوا بالزراعة والرعي إلى الفيوم في حوالي عام 6000- 5000 ق.م، عندما استقرت البحيرة عند منسوب 18 متراً تقريباً فوق مستوى سطح البحر، وأنه مع زيادة جفاف المناخ فيما بعد اضطرت تلك الجماعات للإقلاع عن ممارسة الزراعة ولجأت إلى صيد الأسماك كوسيلة للبقاء والمعيشة، فمارست أنشطتها البشرية بجانب البحيرة التي كانت تتناقص حتي وصل سطحها إلى منسوب مترين دون سطح البحر، حتي انقرضت تلك الجماعات في نهاية الأمر وهلكت في حدود عام 4500 ق.م.

"(القاهرة 1889)، وترجمها إلى الفرنسية الأمير عمر طوسون في الجزء الثاني من كتابه الرائع " مذكرة عن تاريخ النيل" (القاهرة 1925). وتبين لنا هذه السجلات أنه في عام 1233 هجرية (1817 ميلادية) ارتفع النيل لمستوى استثنائي في القاهرة لدرجة أن جزيرة الروضة قد أغرقت بالكامل ولدرجة أن القوارب استطاعت الملاحة فوقها. وتدمرت الكثير من القرى وغرق عدد هائل من الناس وحيواناتهم، وكان هناك نحيب هائل بين الفلاحين على ضياع محاصيلهم الصيفية وبالأخص محصول الذرة الذي كان يشكل مصدر طعامهم الرئيسي. وكذلك في السنة التالية 1243 هجرية (1818 م) حدث أيضاً فيضان آخر أكثر دماراً؛ حيث لم يصل الفيضان إلى ارتفاع أعلى من سابقه في السنة الماضية واكتسح بشدة أكثر الضفاف العالية ودمر كل المحاصيل الحقلية بما فيها القطن وكذلك أشجار الفاكهة من البساتين وحسب، بل امتد أيضا لفترة زمنية أطول من المعتاد، ثم حدث انخفاض طفيف في منسوب الفيضان، تلاه ارتفاع جديد إلى مستويات أعلى بعد عيد القيامة المسيحي (27 سبتمبر) ولم ينخفض منسوب المياه حتي شهر هاتور القبطي (10 نوفمبر إلى 9 ديسمبر) عندما مر موسم الزراعة.

([31]) وجدت ان هذا التفسير تؤكده الحالة الخاصة لارتفاع منسوب البحيرة الذي ذكره بلزوني حيث يقول لينان دو بلفون في كتابه (paris 1872-1873, p.346) " Memoires sur les principaux Traveaux excutes en egypte " أنه في عام 1819 وعام 1820 حدث صدع في الضفة الشمالية من بحر يوسف بالقرب من هوارة المقطع، مما نتج عنه تدفق كارثي للمياه نزولاً إلى الوهد المعروف باسم (بحر بلا ماء). وبالرغم من المحاولات الكبرى التي تمت فقد وُجد أنه من المستحيل اصلاح الصدع حتى مرت ستة أشهر بعد أن انقضى الفيضان.

([32]) Willcocks (Sir W.) and Craig (J.I.), "Egyptian Irrigation". Third Edition, London 1913, Vol.I, p.444.

([33]) الرسوم البيانية التي تبين التقلبات في منسوب بركة قارون خلال السنوات 1890 إلى 1904 توجد في اللوحة السادسة من تقرير وزارة الأشغال العمومية لعام 1904، الرسوم البيانية للأعوام 1905-1911 في اللوحة الثامنة من القسم الخاص بالصعيد من تقرير عام 1911. وللأعوام 1910 إلى 1914 في صفحة 118 من التقرير الخاص بعام 1914 – 1915. وللأعوام من 1918 إلى 1922 فنجدها في اللوحة الرابعة من الجزء الثاني من التقرير الخاص بعام 1922 -1923. وبالنسبة للأعوام 1915- 1917 و1923 - 1927 بأكملها؛ فلا يبدو أنه قد نشرت أي رسومات بيانية عن البحيرة، لكن مقادير التقلب خلال كل شهر والزيادة الصافية والانخفاض الصافي خلال كل عام – من 1915 حتى 1917 – موجودة في الجدول بصفحة 137 من الجزء الثاني من تقرير وزارة الأشغال العمومية لعام 1923 -1924. والأرقام المماثلة للأعوام 1923 إلى 1927 موجودة في جدول بصفحة 176 من تقرير عام 1927 – 1928.

([34]) Report on the Public Works Department for 1904, p.42.

([35]) Report of the Public Works Department for 1906, p.28.

([36]) AZADIAN (A.) and HUG (G.), "Etudes sur la slinite du lac Qaroun", Bulletin de la Societe Royale de Geographie d'Egypte , Tome XVII ,1931 , pp.226-232

حيث ذكر فيه ارقام التسجيلات التي قامت بها إدارة خفر السواحل من 1927 حتى 1930 أيضا.

[37])WIMPENNY , (R.S.) and TITTERINGTON (E.) , " The TWO –NET Plankton of Lake Qarun " , Cairo , 1930, p.6.

([38]) Lucas (A.), "The Salinity of Birket el-Qarun" Survey Notes, Cairo, Vol. I, 1906, p.11.

([39]) LUCAS (A.), OP.cit, pp11 and 15,. من سجلات مخطوطة في معامل مصلحة الكيمياء الحكومية بالقاهرة.

([40]) من سجلات مخطوطة في معامل مصلحة الكيمياء الحكومية بالقاهرة

([41]) AZADIAN (A.) and HUG (G.), "Etudes sur la salinite du lac Qaroun", Bulletin de la socite Royale de Geographie d'Egypte, Tome XVII (1913) [.225-250].

([42]) Survey Notes, Vol I, Cairo 1906, p.11.

([43]) إن السبب في أنه من المعتاد في تحليل المياه أن يتم تقدير إجمالي المواد الصلبة المذابة عن طريق تجفيف البقايا عند 105 م، 110،أو 120، بدلا من تجفيفها عند درجات حرارة أعلى هو أن استخدام درجات حرارة أعلى لتجفيف بعض عينات المياه قد ينشأ عنه تحلل أملاح معينة مثل كلوريد الماغنسيوم، الذي يمكن أن يُفقد منه الكلورين. لكن في الحالة الخاصة بمياه بركة قارون، من الواضح من تحليل المياه نفسها أن كل الماغنسيوم في البقايا لابد أن يوجد في صورة كبريتات وليس في

- عثرت كاتون طومسون وجاردنر على الشاطئ عند منسوب 2 متر تحت سطح البحر - بجانب بقايا أواخر العصر الحجري الحديث – على أوانٍ خزفية وأدوات بشرية تعود إلى الأسرة الرابعة، واعتبرتا أن تلك الأواني والأدوات بقيت دون تعرض لغمر الماء، ومن ثم ذهبت طومسون وجاردنر إلى أن استنتاج لم يقف عند التأكيد على أن منسوب البحيرة ظل كما هو عند 2 متر تقريبا تحت سطح البحر منذ أواخر العصر الحجري الحديث حتى عصر بداية الأسرات، بل إلى أن منسوب البحيرة لم يرتفع قط فوق هذا المنسوب لاحقا، وبالتالي فإن بحيرة موريس التاريخية لم تتعدَّ مستوى سطح البحر، ولم تصرف مياهها في نهر النيل بالطريقة التي ذكرها هيرودت، كما أن العمل الذي أجراه فيلاديلفوس البطلمي في المنخفض لم يكن خفضا صناعيا لسطح بحيرة عالية المنسوب.

وبينما كانت كاتون طومسون ومس جادرنر تقومان بأبحاثهما في الجزء الشمالي من الفيوم، كانت هناك سلسلة أخرى من الأبحاث الجيولوجية والأثرية لا تقل عن أبحاثهما أهمية يقوم بإجرائها **ساندفورد و أركيل** علي المصاطب النهرية داخل وادي النيل وفي المنطقة الانتقالية بين النيل والفيوم. نُشرت نتائج تلك الأبحاث في عام 1929[11] بعد بضعة أشهر من نشر الورقة البحثية لكاتون طومسون ومس جاردنر. وفيها أثبت الدكتور ساند فورد والدكتور أركل ما يلي:

- أن بقايا سلسلة من المصاطب النهرية - يتراوح عمرها من عصر البليوسين المتأخر نزولا حتى أواخر العصر الحجري القديم - يمكن تعقب مساراتها وآثارها داخل وادي النيل عند ارتفاعات تبدأ من 140 م فوق مستوى فيضان النهر الحالي فما تحته
- أن المصاطب المماثلة لأدنى مصطبتين منها (والتي ثبت أن محتوياتهما من الأدوات الصناعية البشرية تعود للعصر الموستيري والعصر السبيلي على الترتيب) يمكن أن يتبعها هبوط طفيف عبر قناة الهوارة نحو الفيوم، حيث تندمج في المصاطب البُحيرية. أما المصطبة الموستيرية النهرية عند ارتفاع 36 م فوق سطح البحر في وادي النيل قرب بني سويف، فتتصل بمصطبة بحيرية عند ارتفاع 34 متر فوق سطح البحر في الفيوم، والمصطبة السبيلية النهرية عند 31 م تتصل مع مصطبة بحيرية عند 28 م.
- وبناء على ماسبق فلابد أن اتصالا حرا بين النيل وبحيرة الفيوم قد حدث في فترة باكرة، في العصور الحجرية القديمة الوسطى على الأقل، وقد استمر ذلك الاتصال في نهايات العصور الحجرية القديمة.
- تحت هاتين المصطبتين البحيرتين على الأقل وجد ساندفورد وآركيل آثار مصطبتين أُخريَيْن داخل الفيوم، الأولى تقع فوق مستوى سطح البحر بـ 22 مترا والتي اعتبرا – بناءً على الأدوات الحجرية التي تحتويها – أنها تعود إلى العصور السبيلية المتأخرة، والمصطبة الأخرى تقع على ارتفاع قدره حوالي 18 متراً فوق سطح البحر، واعتبرا أنها تعود للعصور الحجرية الحديثة. وقد اعتقدا أن هاتين المصطبتين أيضا متصلتان بمصاطب مماثلة لهما في قناة الهوارة وفي وادي النيل، علي الرغم من أنه في غير الإمكان تعقب آثارهما الآن، نتيجة لأن المصاطب المماثلة

في قناة الهوارة وفي الجزء المتاخم لوادي النيل قد طُمرت تحت تراكم الغرين الذي جاء فيما بعد.

- فيما يتعلق بالحصى عند الارتفاعات العليا التي وجدها بيدنل عند ارتفاعات تصل لحوالي 170 أو 180 م فوق سطح البحر حول الجزء الجنوب شرقي والجزء الشرقي والجزء الشمالي من المنخفض؛ فقد اعتقد ساندفورد وأركل أنها لم تترسب من بحيرة، بل من تيارات لاحقة كانت تتدفق نحو النيل في عصر البليوسين.
- أما بخصوص القيعان البحرية من البليوسين والتي اعتقد بيدنل أنها ربما قد كانت موجودة في المنخفض، فلم يجدا لها أي آثار، وبالتالي فقد استنتجا أن منخفض الفيوم لم يكن قد ظهر إلى الوجود بعد في عصور البليوسين. وقد اعتقدا أن تجوُّف المنخفض قد بدأ في عصري البليو-بلايستوسين، ثم وصل لاحقا إلى عمقه الكامل فيما بين أواخر العصر الحجري القديم وأوائل العصر الحجري الحديث عن طريق فعل التحات الناتج عن التيارات المتدفقة في اتجاه النيل، والذي كان مستواه في ذلك الوقت أدنى بكثير من مستواه في الوقت الحالي.

هناك ظرفٌ قد أضاف قدرا كبيرا من الصعوبات لكل الأبحاث المتعلقة بالتاريخ البيئي للفيوم وبحيرتها؛ وهو عدم وجود أي خرائط كنتور للمنخفض وذلك قبل عام 1929. لكن في ذلك العام، نشرت **مصلحة المساحة المصرية** خرائط للفيوم مقياس 25.000 بفاصل كنتوري مقداره متر واحد على امتداد الأراضي المزروعة، وكذلك على امتداد بعض المساحات غير المزروعة بالقرب من الطرف الغربي من بركة قارون، ثم نشرت بعد ذلك بفترة وجيزة خرائط بمقياس 100.000 تُظهر خطوط كنتور عند فواصل قدرها خمسة أمتار في المساحات المزروعة وثلاثين مترا في الصحراوات المحيطة، مع إضافة خطوط هاشور توضح مواصفات التلال تعلوها مناسيب القمم.

عندما اكتملت هذه الخرائط، لوحظ في الحال أن كل المواقع المعروفة للمدن البطلمية داخل المنخفض – وكان منسوب معظمها غير معروف حتى ذلك الوقت – تقع عند مستوى سطح البحر أو فوقه، وبعض من صخور النقاط المرجعية التي تم تنصيبها خلال عمليات قياس المناسيب من أجل التحكم في عمل خرائط الكنتور ثبت أنها ذات فائدة عظيمة للعلماء الأثريين الذين أجروا أبحاثهم فيما بعد، حيث مكنتهم من تحديد مواقع تنقيباتهم الأثرية بالرجوع إلى متوسط منسوب سطح البحر بدلا من الرجوع الى تاريخ افتراضي كما كان يجرى من قبل، وبالتالي فقد أمدنا ذلك بدليل أو دليلين مهمين فيما يتعلق بالمستوى المفترض لبحيرة الفيوم في العصرين البطلمي و الروماني.

كشفت خرائط الكنتور للمناطق الصحراوية عن ضفة شديدة التميز داخل الفيوم على مسافة صغيرة فيما وراء الحد الغربي للنطاق الزراعي، تسمي "جسر الحديد"، تمتد بلا انقطاع وتصل لارتفاع متجانس تقريبا يصل لحوالي 23 مترا فوق سطح البحر، لمسافة قدرها 48 كم تقريبا من سفح التلال القريبة من الطرف الغربي لبركة قارون حتى التل المسمى (كوم مدينة ماضي) بالقرب من قرية "الغرق".

في 1934، حفرت **مصلحة المساحة الجيولوجية**[12] آبار استكشافية علي امتداد قناة الهوارة فيما بين "دمشقين" و"هوارة المقطع"، بغرض التحقق من العمق حتى القاع الصخري للقناة عند ذلك المكان.

وُجد أن أقصى عمق تماست عنده القناة بالصخر الأصلي كان 17 مترا تحت سطح البحر. ثم اكتشف المساحون أن الإرسابات البحيرية كانت موجودة داخل المنخفض حتى مناسيب 44 مترا فوق سطح البحر، بالتالي فهي تتجاوز بحوالي 4 أمتار أقصى ارتفاع بلغته الإرسابات البحيرية، وذلك يدل على أن التاريخ الذي دخل فيه النيل للمرة الأولى إلى المنخفض ليس بالتأكيد بعد العصر الأشولي.

فقد أستنتج ساندفورد وأركل عن المصاطب النهرية لوادي النيل أن مستوى فيضان النيل انخفض بالفعل عند بني سويف لحوالي 42 مترا في العصر الأشولي، كما أنهم قد فحصوا الضفة الكبيرة المعروفة باسم"جسر الحديد" في الجزء الغربي من المنخفض ووجدوا أنها لا تقع فقط داخل المساحة التي تطوقها الإرسابات الشاطئية لبحيرة العصر الحجري القديم ذات الارتفاع البالغ 22 مترا، وأنها لا تختلف فقط عن تلك الإرسابات في المواصفات والمحتوى الحيواني، بل تضم أيضا شظايا وحصوات من الخزف، وقد استنتجوا من ذلك أن "جسر الحديد" يشكل حد الشاطئ لبحيرة وصلت لارتفاع يزيد عن 20 متراً فوق المستوى الحالي لسطح البحر في عصر كان يعقب بالتأكيد العصر الحجري القديم، ومن المحتمل أنه كان في العصور التاريخية. وفي تلك الحالة بالطبع ربما يمثل تماماً شاطئ بحيرة موريس كما ذكرها هيرودوت.

نلاحظ من هذا التناول السابق للأبحاث المختلفة التي أُجريت وجود مدى عريض لاختلاف آراء الباحثين عن بعضها الآخر، وحتي في الوقت الحالي هناك تباين واسع في الرأي لا يقل أهمية. علي سبيل المثال، دعونا نأخذ فقط نقطتين من النقاط الرئيسية التي قامت عليها آراء مختلفة يؤمن بها العديد من الباحثين حاليا، وأعني بهما الطريقة التي نشأ بها منخفض الفيوم نفسه، والامتداد والمنسوب اللذين وصلت إليهما البحيرة في زمن هيرودوت.

فيما يتعلق بنشأة المنخفض، لدينا استنتاج ساندفورد وآركل أن التجوُّف قد تم في الأساس بفعل التيارات المائية التي تدفقت إلى النيل خلال عصر تميز بمعدل سقوط هائل للأمطار، ومن ناحية أخرى لدينا الرأي الآخر - الذي يعتقد بصحته كثير من الباحثين - أن المنخفض كان في الأساس نتيجة التحات بفعل الريح خلال عصر من الجفاف.

وفيما يتعلق بامتداد ومنسوب البحيرة في عصر هيرودوت، فلدينا من ناحية العبارة التي قالها هيرودوت نفسه – والذي كان شاهد عيان كما يُفترض – من أن البحيرة في حوالي عام 450 ق. م كانت على اتصال حر بالنيل – ذهابا وإيابا – مما يعني أنها لا بد قد وصلت وقتئذ إلى ارتفاع قدره حوالى 20 مترا أو نحو ذلك فوق مستوى سطح البحر، وبالتالي من الناحية العملية فقد ملأت المنخفض، ومن ناحية أخرى فإن الرأي الذي طرحته مؤخراً كاتون طومسون وجاردنر يشير إلى أنه من الأرجح أن البحيرة في زمن هيرودوت لم تبلغ منسوب سطح البحر وبالتالي لم تشغل حيزا أكبر من منطقة صغيرة نسبيًا في أدنى جزء من المنخفض، وكذلك لم تكن على اتصال حر بالنيل – ذهاباً وايابا – كما ذكر هيرودوت.

ولكن في هذا الموضوع – كما في الفروع الأخرى من البحث العلمي – يدفعنا تطوُّر البحث في بعض الظروف إلى استخلاص حقائق جديدة بناءً على الملاحظة والتحليل من أجل وضع تفسير جديد للحقائق

التي لوحظت ودُرست من قبل، وعندما يتم ذلك فإن الملاحظات التي بدت متضاربة من قبل، كثيرا ما نجد أنها في الواقع تتوافق مع بعضها البعض.

يبدو لي من مراجعة الأبحاث الأخيرة أن بوسعنا توليف إطار متصل ببعضه البعض عن التاريخ البيئي للفيوم وبحيرتها، بما لا يتفق فحسب مع كل الملاحظات الفعلية التي قام بها الباحثون المعاصرون فقط، بل مع ما ذكره هيرودوت أيضا، وسأعرض هذا الإطار المتصل في الفقرات التالية.

في سبيل شرح هذا الإطار سيكون من الضروري بالطبع أن نستقي من بعض حقائق الملاحظات البحثية استنتاجات تختلف عن تلك الاستنتاجات التي توصل اليها أساسا الباحثون أنفسهم بناء على نفس الحقائق، وعلى الأخص عندما يكون الباحث من مجموعة بحثية قد وصل الى استنتاج غير متوافق مع ذلك الاستنتاج الذي توصل إليه الباحث من مجموعة بحثية أخرى. لكن في كل هذه الحالات، سوف أشير إلى الأسباب التي تبدو بالنسبة لي برهانا يؤكد هذا الرأي.

فيما يتعلق بالسؤالين المرتبطين بعدم الاتفاق في الرأي بخصوص النقطتين الرئيسيتين المذكورتين سابقًا سأوضح أن دراسة مناسيب النيل في خط العرض المار بالفيوم في عصر البلايستوسين – كما استنتج ساندفورد وآركل عن المصاطب النهرية المختلفة – تجعل من الأكيد عمليا استحالة تجوُّف منخفض الفيوم بأي معدل كان إلى أي درجة تماثل عمقه الحالي عن طريق التيارات التي تتدفق إلى النيل، لكن لا بد أنه قد تجوف على نطاق واسع بفعل نحت الرياح، وأن الدراسات الأحدث التي أجرتها مصلحة المساحة الجيولوجية للضفة الكبرى المسماة "جسر الحديد" في الجزء الغربي من المنخفض، تميل بقوة إلى التأكيد على صدق وصف هيرودوت لبحيرة موريس القديمة كبحيرة عالية المستوى تتصل اتصالا حرا بالنيل.

نشأة منخفض الفيوم

فيما يختص بالعصر الذي حدث فيه تجوُّف منخفض الفيوم، فيدل غياب إرسابات عصر البليوسين أن منخفض الفيوم لم يكن قد ظهر إلى الوجود في هذا العصر، بينما تبيّن الإرسابات البحيرية العديدة التي تعود لعصور مختلفة أن بحيرة ذات مناسيب متعددة كانت بكل الاحتمالات موجودة داخله بدءا من الجزء الأخير من أوائل العصور الحجرية القديمة حتى زمننا الحالي، وحيث أنه لا يمكن أن يكون هناك تعميق للمنخفض بفعل التحات بينما يقع أدنى جزء فيه تحت مياه البحيرة، فلا مفر من الاستنتاج أن تجوُّفه قد تم بالكامل فيما بين نهاية عصر البليوسين والفترة الأخيرة من أوائل العصر الحجري القديم، أي خلال فترات البلايستوسين الباكرة، والتي شغل النيل على امتدادها الزمني مستويات أعلى من الجزء السفلي من أرضية المنخفض بـ 70 متراً. وكان النيل يتدفق شمالاً في واديه لمسافة كيلو مترات قليلة فقط حتى شرق منخفض الفيوم على نحو ما تخبرنا أبحاث ساندفورد وآركل.

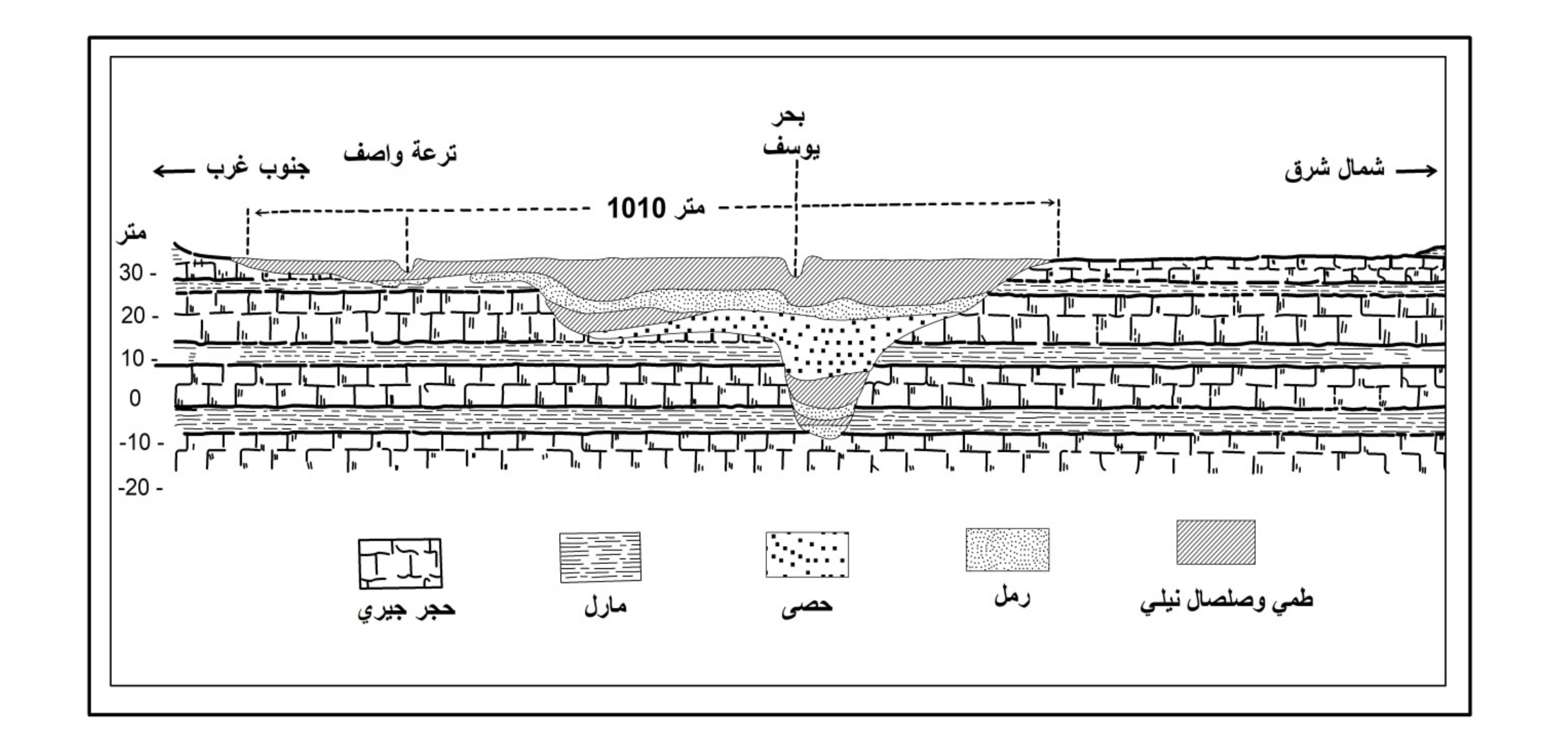
ومع تدفق النيل عند هذه المستويات العليا، لا يوجد مجال للاعتقاد أن تجوف الفيوم يمكن أن يكون قد تأثر بفعل التحات لهذه التيارات المائية المتجهة نحو النهر، حيث أن ذلك قد يتضمن فعل تحات بواسطة التيارات المائية عند أعماق 70 مترا أو أكثر تحت مستوى سطحها. وبذلك، فمن الواضح أنه في

الفترة التي حدث فيها التجوف، كانت الفيوم منفصلة تماما عن وادي النيل. وحيث أنه من الشكل والبنية الجيولوجية للمنخفض يبدو أنه لم يكن هناك ممر يُحتمل أن تتدفق فيه التيارات، ناهيك عن تدفقها من المنخفض إلى النيل، فإن تجوُّف المنخفض ما كان ليكتمل ويتم بفعل المياه، بل لابد إنه كان بفعل بعض العوامل الأخرى. إن العامل الوحيد الآخر الذي يمكن التفكير فيه هو الرياح. والاستنتاج الذي توصلنا إليه بذلك – وهو أن حفر منخفض الفيوم قد تم بفعل الرياح في عصور البلايستوسين الباكرة – يعزّزه كل ما هو معروف عن المنشأ المحتمل للتجويفات الكبرى الأخرى في الهضبة الليبية مثل واحات الخارجة والداخلة والبحرية ومنخفض القطارة، والتي تعتبر خالية من أى مخارج لتصريف المياه سواء إلى النيل أو إلى البحر.

دخول النيل إلى المنخفض في أوائل العصر الحجري القديم

لابد أن منخفض الفيوم قد ظل منفصلا عن وادي النيل حتى الجزء الأخير من أوائل العصر الحجري القديم، حيث لم تكتشف داخل المنخفض إرسابات من المياه العذبة تعود إلى فترة أقدم من العصر الأشولي، برغم أنها محصورة في نطاق الجزء المجاور لوادي النيل. إن أقدم إرسابات للمياه العذبة وأعلاها والمعروف أنها وُجدت داخل الفيوم هي الرمال والحصى في شاطئ نقّبت عن بقاياه مؤخرا مصلحة المساحة الجيولوجية عند ارتفاعات تصل لـ 42 متراً فوق سطح البحر، بل حتى في أماكن وصل أقصى ارتفاع لها 44 متراً، حول الحافة الشرقية من المنخفض.

يبدو أن هذا الشاطئ قد تراكم بفعل الرياح على امتداد سواحل كبيرة ملأت المنخفض في إحدى الفترات ووصلت لارتفاع يقدر بـ 40 مترًا فوق مستوى سطح البحر الحالي. ونظرا لأن بقايا المصاطب المكونة من إرسابات مشابهة قد وجدتها مصلحة المساحة الجيولوجية على ارتفاعات مماثلة قدرها 42 مترا فوق سطح البحر على امتداد جانب قناة الهوارة فيما بين الفيوم ووادي النيل؛ فلا يمكن أن يكون ثمة شك في أن تكوُّن بحيرة عند منسوب 40 مترا قد نتج عن تدفق مياه النيل إلى المنخفض عبر قناة الهوارة. لم يتم العثور حتي الآن على أية أدوات حجرية قد تؤرخ عمر هذه الإرسابات الشاطئية المرتفعة، لكن حيث أن أبحاث ساندفورد و آركل عن المصاطب النهرية في وادي النيل تدل علي أنه في العصر الأشولي (من بدايات العصر الحجري القديم) وصل مستوى فيضان النيل عند بني سويف لحوالي 42 مترا فوق مستوى سطح البحر الحالي يمكننا الاستنتاج أن الدخول الأول لماء النيل إلى المنخفض قد حدث في العصر الأشولي، أي تقريبا منذ حوالى 70 ألف سنة أو ما يقرب من ذلك.



شكل29: مقطع عبر قناة هوارة في منتصف المسافة تقريبا بين دمشقين وهوارة المقطع. من آبار استكشافية شقتها مصلحة المساحة الجيولوجية في 1934. المقياس الرأسي مكبّر خمس مرات.

فيما يتعلق بكيفية حدوث الدخول الأول لماء النيل إلى منخفض الفيوم، يمكننا افتراض أنه قبل حدوثه كان هناك أحد الأودية الصغيرة - كانت منابعه شديدة القرب من وادي النيل- يصرّف مياهه غربا في المنخفض على امتداد خط قناة الهوارة حاليا، وأنه بفعل النحت الخلفي الصاعد لمياه الأمطار تآكل هذه الوادي تدريجيا في اتجاه عكسي حتى أصبحت الصخرة التي تفصل بدايته عن وادي النيل شديدة الهشاشة لدرجة أنها لم تعد قادرة علي مقاومة ضغط المياه عليها عندما وصل النيل لمرحلة الفيضان العالي، وبالتالي فقد تهشمت وسمحت لمياه الفيضان بأن تندفع بقوة وتدخل إلى المنخفض. ويتوافق هذا الافتراض مع المعلومات القليلة المعروفة المتعلقة بالقاع الصخري لقناة الهوارة.

أجرت مصلحة المساحة الجيولوجية سلسلة من الآبار الاستكشافية في عام 1934 على امتداد خط بعرض قناة الهوارة عند منتصف المسافة الطولية تقريبا، أظهرت أن القاع الصخرى لقناة الهوارة يقع عند حوالي 17 متر تحت سطح البحر عند أدنى نقطة من هذا القطاع العرضي (شكل 29). ولسوء الحظ، لا تمدنا هذه الآبار الاستكشافية بمعلومات عن اتجاه انحدار القناة ذات القاع الصخري، سواءٌ أكان انحدارا نحو النيل أو نحو الفيوم، لكن يبدو من الراجح أن مستوى القاع الصخري أعلى بكثير عند النقاط القريبة من وادي النيل، وذلك يتوافق مع افتراضنا أن القناة قد نشأت وتطورت عما كان في الأصل واديا كانت منابعه قريبة من وادي النيل ويصرّف ناحية الغرب في الفيوم. وما إن سبّب ارتفاع النيل حدوثَ صدع عند أية نقطة من فجوة الوادي الصغير، فإن الصدع بالطبع أخذ يتسع بسرعة ويعمّق الوادي بفعل التحات بواسطة المياه المندفعة نزولا فيه، ثم عملت بالتالي الفيضانات المرتفعة اللاحقة للنيل على زيادة التدفق السنوي المتزايد من المياه إلى داخل المنخفض، حتى تتكون في نهاية الأمر بحيرة يصل أقصى منسوب لها إلى مترين أو نحو ذلك أعلى من منسوب فيضان النيل في تلك الفترة.

بحيرة الفيوم في أوائل العصر الحجري القديم

إن البحيرة بمنسوبها الذي يصل إلى 40 متراً فوق مستوى سطح البحر حاليا لا بد أنها قد ملأت منخفض الفيوم بالكامل في العصور الأشولية، ولابد أنها قد غطت مساحة تصل على الأقل إلى 2800 كم مربع، وأنها قد احتوت علي أكثر من مائة كم مكعب من المياه، وهي كمية أكبر بكثير من تلك الكمية التي يصرفها النيل حاليا في السنة بأكملها. في الحقيقة، إن أردنا صياغة رأي بالنظر إلى خطوط الكنتور الحالية للأرض في تلك المنطقة، فيجب أن نستنتج أن البحيرة قد غطت مساحة أكبر من ذلك بكثير، بل وقد احتوت على كمية من المياه أكبر من الكمية المفترضة، حيث أن البحيرة لم تملأ الفيوم فقط؛ بل فاضت وتدفقت إلى منخفض وادي الريان المجاور، وتبلغ مناسيب مقاسم المياه بين المنخفضين في الوقت الحالي أقل من 40 مترا – بل وتصل في بعض الأماكن لأقل من 30 مترا - فوق سطح البحر. لكن إن كانت البحيرة قد امتدت نحو منخفض وادي الريان، فيجب أن نتوقع أن تكون البحيرة قد كوّنت إرسابات على جوانب أرضية ذلك المنخفض. ونظراً لأنه لم يتم العثور على بقايا لمثل هذه الإرسابات - على الرغم من البحث عنها - فيبدو من الأرجح أن مناسيب مقاسم المياه بين المنخفضين كانت في تلك الفترة أعلى من 40 مترا في كل مكان، ثم عملت التعرية على تآكل تلك القمة وخفض مستواها منذ ذلك الحين.

وبحلول الفترة التي وصلت فيها البحيرة حديثة التكوين إلى أقصى منسوب لها البالغ حوالي 40 مترا، كان الاتصال بينها وبين النيل حرا بلا شك، و كان منسوب سطح البحيرة بالتالي يخضع للتذبذب كنتيجة للارتفاع والانخفاض السنويين في منسوب النهر عند بني سويف. وبالطبع فإننا لا نعرف مدى ذلك الارتفاع والانخفاض السنويين للنهر في تلك الفترة السحيقة من تاريخها، وكذلك لا نعرف المعدل السنوي للتبخر من مسطح مائي مفتوح، ولا إن كان أي تصريف جوفي للمياه قد حدث من البحيرة.... لكن إن افترضنا أن التغير السنوي في منسوب النهر ينتج عنه تذبذُب منسوب سطح البحيرة بمقدار 3 أمتار، ما بين حد أقصى - نفترض أنه 41 مترا وقت الفيضان- وحد أدنى قدره 38 مترا عند انخفاض النيل وقت التحاريق، وأن معدل التبخر كان هو نفسه معدل التبخر في الفيوم في الوقت الحالي، أي حوالى 180 سنتيمتر في السنة، فبالتالي لا بد أن حجم المياه التي تدخل للبحيرة سنويا من النيل كان 11 كم مكعب، أي بما يعادل أكثر من ثُمن التصريف السنوي الكلي لنهر النيل حالياً، بينما حجم المياه الذي تردُّه البحيرة إلى النيل سنوياً لابد أنه كان 6 كيلومتر مكعب، و الـ 5 كم مكعب الباقية تفقد عن طريق التبخر من البحيرة. ومهما كان المعدل الفعلي للتبخر ومدى ارتفاع وانخفاض النهر في تلك الفترة، من المؤكد أن التذبذب السنوي في منسوب النهر في شمال الفيوم لابد أنه قد وصل لدرجة الاعتدال إلى حد كبير جدا بسبب وجود البحيرة... تلك البحيرة التي عملت خزانًا طبيعيا لجزء من مياه الفيضان. وتبين الإرسابات الشاطئية التي أشرنا إليها سابقا تبين أن البحيرة لابد أنها قد ظلت عند منسوب 40 مترا تقريبا لفترة زمنية كبيرة في العصر الأشولي، لكن عند نهاية ذلك العصر بدأ منسوبا البحيرة والنيل في الهبوط، وفي الجزء الباكر من العصر الموستيرى الذي جاء بعد العصر الأشولي انخفضت البحيرة لمنسوب 34 مترًا.

بحيرة الفيوم في العصور الحجرية القديمة الوسطى (الموستيرية)

إن استقرار بحيرة الفيوم عند منسوب 34 مترا لفترة زمنية طويلة خلال العصر الحجري القديم الأوسط (الموستيرى) قد أثبته وجود شاطئ واضح ومميز داخل المنخفض عند ذلك المستوى، والذي احتوى على أدوات بشرية من حجر الصوان من الطراز الموستيري. ومما لا شك فيه أيضا أن البحيرة كانت متصلة اتصالا حرا بالنيل في تلك الفترة؛ حيث وجد ساندفورد وآركل أن مصطبة نهرية من العصر الموستيري تقع عند ارتفاع 36 مترا فوق مستوى سطح البحر في وادي النيل عند بني سويف يمكن تتبعها عبر قناة الهوارة بانحدار نحو الفيوم قدره أقل قليلاً من مترين، حيث تندمج في شاطئ البحيرة الذي يبلغ منسوبه 34 متراً.

يبدو مرجحا أن البحيرة – بعد استقرارها لفترة من الزمن عند منسوب 34 مترا في الجزء الباكر من العصر الموستيرى – قد غارت تدريجيا لمنسوب عشرة أمتار في الفترة الوسطى من ذلك العصر، ثم ارتفع منسوبها مرة أخرى لـ 34 مترا في الفترة المتاخرة من العصر الموستيري. وبناءً على أن ملاحظات ساندفورد وآركل عن المصاطب النهرية في وادي النيل تدل على أنه بالرغم من أن منسوب فيضان النيل عند بني سويف قد بلغ حوالي 36 مترا في كل من الجزء الباكر والجزء المتأخر من العصر الموستيري، فربما يكون قد بلغ حوالي 12 مترا في الفترة الوسيطة الفاصلة من ذلك العصر (راجع التتابع الزمني لهذ العصر في الفصل الثالث). بل من المحتمل أن الهبوط السريع نسبيا لقاع النيل في العصر الموستيري الوسيط قد

تسبب في انفصال البحيرة مؤقتا عن النهر، وبالتالي فقد غارت إلى مستوى منخفض حتى وصلت إلى درجة الجفاف تقريبا، لكن بالنظر إلى العمق المعروف أن الإرسابات الغرينية كانت موجودة عنده في قناة الهوارة، فمن المرجح أنه بانخفاض منسوب النهر تدريجيا، ربما عمل تحات الصخور الناعمة – بدرجة متوازية – على تعميق قناة الهوارة (هذه الصخور تتألف من الصلصال المارلي والحجر الجيري المارلي) التي تؤلف قاع القناة، بحيث أن البحيرة يمكن أن تكون قد خضعت لتغيرات في منسوبها بالتوازي مع تلك التغيرات في منسوب النيل عند بني سويف.

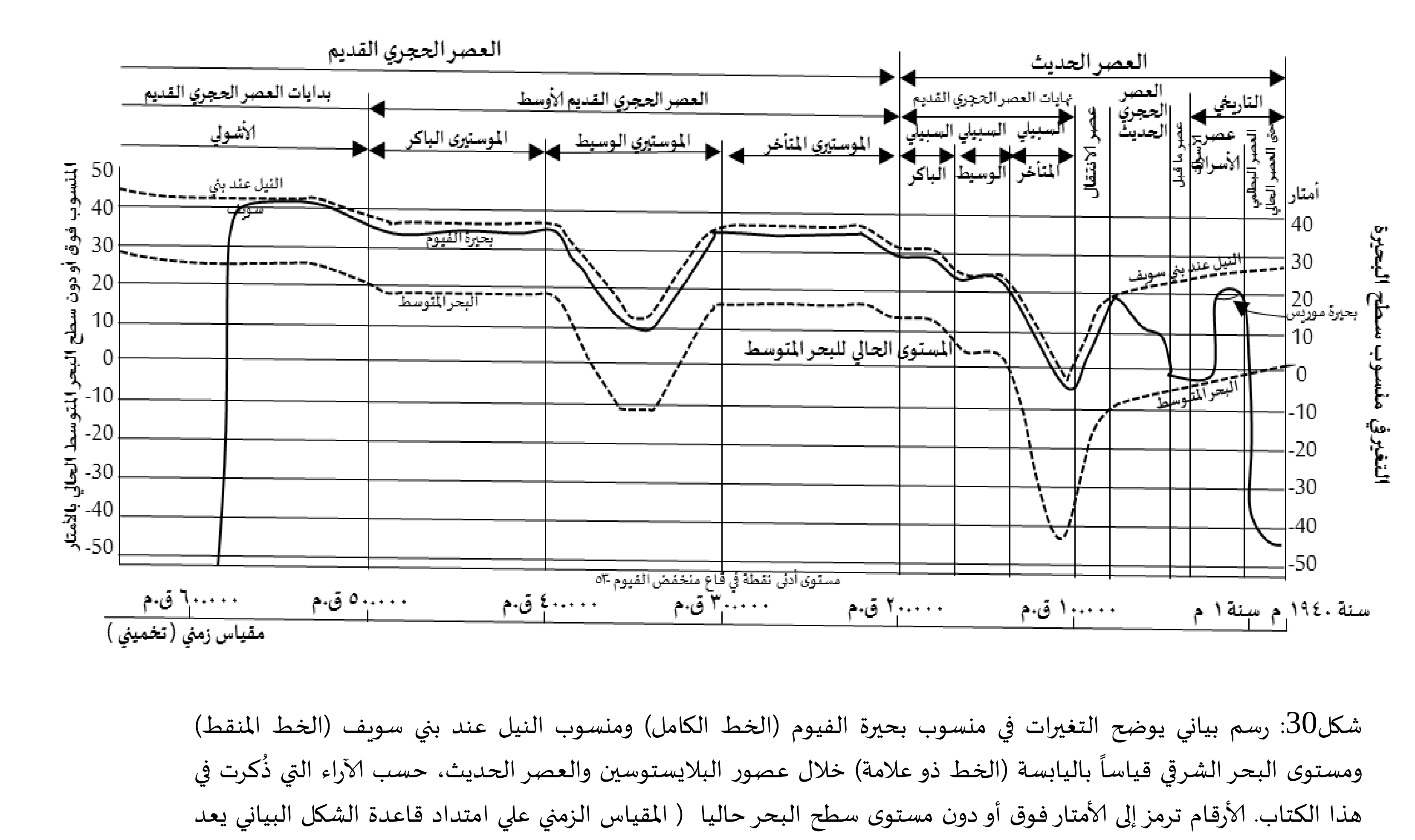
تبدو إرسابات النهر والبحيرة – التي رصد ساندفورد وآركل وجودها وتتبّعاها عبر قناة الهوارة – أنها تنتمي إلى الجزء الأخير من العصر الموستيرى، أي إلى الفترة الثانية من العصرين المنفصلين التي استقرت عندهما البحيرة عند منسوب 34 متر، وأن أياً من تلك الإرسابات التي ربما قد تكونت في الفترة الأولى من هذين العصرين ستكون بالطبع قد حجبتها إرسابات الفترة الثانية، بينما أية إرسابات هامشية قد تكونت عن منسوب العشرة أمتار في الفترة الزمنية الفاصلة، فمن الأرجح أنها تلاشت عندما ارتفع منسوب البحيرة مرة أخرى. في نهاية العصر الموستيرى بدأ منسوبا النيل والبحيرة في الهبوط مرة أخرى وبحلول نهاية العصر الحجري القديم (السبيلي) المتأخر انخفض سطح البحيرة إلى منسوب 28 مترا تقريبا.

بحيرة الفيوم في نهايات العصور الحجرية القديمة (السبيلية)

خلال نهايات العصر الحجري القديم (السبيلي) بدا أن بحيرة الفيوم ظلت مستقرة في بادئ الأمر لفترة من الزمن عند منسوب 28 متر، ثم انخفضت لحوالي 22 متر، وظلت مستقرة عند هذا المنسوب الأخير لفترة طويلة، ثم خضعت لهبوط إضافي وصل إلى 5 أمتار تحت مستوى سطح البحر حاليا. ثم بعد ذلك عند نهاية العصر السبيلي بدأت البحيرة في الارتفاع من جديد.

تتميز المرحلة التي بلغ منسوب البحيرة فيها 28 مترا بوجود شاطئ من الحصى، محتوٍ على أدوات من العصر السبيلي المبكر، مشكلا ميزة واضحة في كل من شمال وجنوب الموقع الذي تنفتح فيه قناة الهوارة على المنخفض، ومثلما وجد ساندفورد وآركل أن الإرسابات التي يتكون منها هذا الشاطئ متواصلة باستمرار مع إرسابات هامشية من الحصى وطمي النيل على امتداد جانبي قناة الهوارة، وأنها تحتوى كذلك على أدوات من العصر السبيلي الباكر وتُظهر انحدارا نحو الفيوم قدره ما بين 2 متر و 3 أمتار؛ فيبدو من الواضح بما لا شك فيه أن العصر الذي استقرت فيه البحيرة عند منسوب 28 متراً كان هو العصر السبيلي الباكر، وأن البحيرة كانت حينئذ على اتصال حر بالنيل.

تتميز المرحلة اللاحقة التي وصل فيها منسوب البحيرة إلى 22 مترا باحتوائها على بعض من أفضل الإرسابات الشاطئية الموجودة في الفيوم تركيبا ووضوحا. هذه الإرسابات – التي تشكل إلى حد ما ضفة "العدوة" ويمكن تتبعها عند مستوى 22 أو 23 مترا تقريبا لمسافات طويلة في كل مكان حول المنخفض – تعد قابلة للتمييز بوضوح من الإرسابات الشاطئية الأصغر عمرا عند نفس المستوى تقريبا (مثل تلك الإرسابات عند جسر الحديد) عن طريق العلاقات الطبقية بينهما وعن طريق درجتها العالية من الاندماج والتماسك.



شكل30: رسم بياني يوضح التغيرات في منسوب بحيرة الفيوم (الخط الكامل) ومنسوب النيل عند بني سويف (الخط المنقط) ومستوى البحر الشرقي قياساً باليابسة (الخط ذو علامة) خلال عصور البلايستوسين والعصر الحديث، حسب الآراء التي ذُكرت في هذا الكتاب. الأرقام ترمز إلى الأمتار فوق أو دون مستوى سطح البحر حاليا (المقياس الزمني علي امتداد قاعدة الشكل البياني يعد في مجمله مقياسا تخمينيا بحتا، وكل التواريخ قبل عام 3000 ق. م مشكوك فيها إلى حد كبير)

وبرغم أنه لم يتم العثور حتى الآن على أدوات حجرية تمدنا بالعمر الدقيق لهذه الإرسابات في تلك المواقع، فإن ساندفورد بيَّن أن هناك احتمالاً قوياً أن ترتبط هذه الإرسابات بحصى نيلي معين يحتوى على أدوات من حجر الصوان من العصر السبيلي الوسيط والتي وجدها مكشوفة تحت سطح التربة في موسم التحاريق في جزيرة بالنهر عند الحيبة – بالقرب من الفشن – عند مستوى 27 مترا فوق سطح البحر. وإن افترضنا – بنحو منطقي – أن هذا الحصى يكوِّن جزءا من مصطبة نيلية مطمورة من العصر السبيلي الوسيط وتنحدر إلى أسفل نحو البحر بمقدار 1م لكل 10.000م، و أن المستوى الموازي لنفس المصطبة النيلية بالقرب من بني سويف سيكون 24 مترا تقريبا، مما سيسمح بانخفاض للبحيرة ذات منسوب 22 مترا في الفيوم قدره حوالي مترين عن مستوى السهل الفيضي من العصر السبيلي الوسيط في وادي النيل عند بني سويف. وبذلك، لا توجد شكوك ملموسة في أن البحيرة قد استقرت عند منسوب 22 متراً في العصور السبيلية الوسيطة، وفي أن اتصالاً حرا بين النيل والبحيرة قد استمر طيلة تلك العصور، وفي أن الإرسابات التي تكونت حينئذ على امتداد جانبي القناة تعد الآن مطمورة تحت الغرين الذي تراكم فوقها لاحقا.

لكن في اعتقادي أن هناك احتمالاً أن الإرسابات الشاطئية الناتجة عن الرياح - والتي تكونت منها ضفة العدوة - تعود في جزء منها إلى العصر السبيلي الوسيط، وجزء آخر يعود لعصور أحدث عندما بلغت البحيرة من جديد نفس المنسوب تقريباً. وهذا لن يفسر فقط الوجود المستمر المميز لهذه الضفة الكبرى، بل يفسر كذلك الغياب الواضح لأي من أدوات العصر السبيلي الوسيط عن أجزائها المكشوفة.

فيما يتعلق بهبوط البحيرة في العصور السبيلية المتأخرة إلى منسوب 5 متر تحت المستوى الحالي لسطح البحر، فإن الأدلة عليه هي وجود إرسابات داخل المنخفض تتشابه في طبيعتها ومحتواها من الأصداف مع تلك الإرسابات الموجودة في الشاطئ ذي منسوب الـ 22 مترا، على مستويات منخفضة متتابعة تهبط حتي تصل لمستوى أقل من مستوى سطح البحر بقليل، وما اكتشفتاه كاتون طومسون وجاردنر من بقايا مستوطنات بشرية من العصر الحجري الحديث عند مستوى 14 متراً فوق سطح البحر في أوضاعٍ تبين أن التحات الكبير للإرسابات الشاطئية عند مستوى 22 متراً تحت سطح التربة لابد أنه قد حدث قبل العصر الحجري الحديث. يبدو أن البحيرة قد ظلت عذبة طوال فترة هبوطها، فعلى الرغم مما ذكرته دراسة جاردنر[13] أن قواقع المياه شبه العذبة " هيدروبيا" تظهر في مكان أو مكانين في الرواسب التي تخلفت عن البحيرة الهابطة، فإنها تشير إلى أنه بصرف النظر عن هذه الوجود المتشتت للهيدروبيا، لا توجد أية إشارة إلى أن البحيرة قد صار ماؤها مالحاً بهبوطها دون منسوب سطح البحر، وقد استنتجَت أن ظروف الملوحة ربما تكون قد حُصرت في نطاق البرك المنعزلة التي فصلتها الحواجز الرملية عن البحيرة عندما هبط مستواها تدريجيا.

وفيما يتعلق بسبب هبوط سطح البحيرة وأقصي عمق وصلت له في هذا العصر، فقد اعتقدت جاردنر أن الاتصال بالنيل قد انقطع عملياً بتكوُّن حاجز ومياه ضحلة عند مدخل قناة الهوارة إلى المنخفض، وقد حافظت البحيرة على عذوبة مياهها حتى وصل منسوبها لمستوى سطح البحر تقريبا بسبب الزيادة الدورية في معدل سقوط الامطار، وبالتالي فقد زاد هبوطها وربما جفت في نهاية الأمر خلال فترة من

صورة كلوريد. وقد أخبرني دكتور ويليامسون في الحقيقة أنه قد اختبر خصيصاء فقدان الكلورين عند تجفيف العينة عند درجة حرارة 180 مئوية ووجد أنه لم يحدث شيء.

([44]) لقد اخترت تحديد الكلورين بدلا من اختيار إجمالي المواد الصلبة لهذا الغرض لأنه أسهل في تنفيذه وكثيرا ما يتم تحديده والكشف عنه في المعمل.

([45]) قد يلاحظ أنه نظرا لأن حوالي 74 في المائة من إجمالي التصرف السنوي للنيل قبالة القاهرة يحدث خلال شهور الفيضان الأربعة (أغسطس – نوفمبر)، وأن حوالي 26 في المائة فقط خلال الشهور الثمانية المتبقية من السنة، فإن متوسط النسب المئوية من المواد المختلفة في المادة المذابة في مياه النيل ككل تعد أقرب إلى النسب المئوية خلال شهور الفيضان مقارنةً بالنسب المئوية خلال الشهور المتبقية من السنة.

([46]) Quoted by SIR A.GEIKIE, “Text Book of Geology”, fourth edition, London 1903,Vol.I.p.46.

([47]) Survey Notes, Vol I, Cairo 1906, p.15; and MS..records in the Government Laboratory.

على الرغم من التحليلات العديدة الجزئية لمياه الصرف القادمة من الفيوم قد تمت عند تواريخ أحدث، فإنها في الاساس تضمنت فقط تحديد نسب إجمالي المواد الصلبة المذابة ونسب الكلورين.

([48]) مخطوطة سجلات في المعامل الحكومية بالقاهرة.

([49]) See WIMPENNY and Titterington, “The Tow –Net Plankton of Lake Qarun”, Cairo, 1936, pp.3-7.

([50]) See KRUMMEL, “Handbuch der ozeanographie”, Stuttgart, 1907, Vol.I, p.296.

([51]) ربما نتج تشبع مفرط قليلا إما عن إخراج الطحالب الخضراء في البحيرة للأكسجين الحر تحت تأثير ضوء الشمس، أو لأن مياه البحيرة قد تشبعت مسبقا بالأكسجين عند درجة حرارة منخفضة ومر وقت غير كاف تحت درجة الحرارة العالية منعت خروجه إلى الجو.

([52]) مخطوطة سجلات في المعامل الحكومية بالقاهرة.

([53]) لم تُنشر نتائج تلك التحديدات الحسابية بعد بل أمدني بها مشكورا دكتور ويليامسون.

([54]) LUCAS (A.), “The salt- content of some Agricultural Drainage Waters in Egypt”. Cairo Scientific Journal, 1908, p.415.

الجفاف في تلك المنطقة. لكن لم تُكتشف أية إرسابات تبيّن أن البحيرة قد انخفضت لأقل من 5 أمتار تقريباً أو نحو ذلك تحت مستوى سطح البحر الحالي في أي فترة قبل العصر الحجري الحديث. لذلك يبدو لي أنه من المرجح تماماً أن البحيرة لم تهبط تحت هذا المستوى فيما بين العصرين الحجري القديم والحجري الحديث، وأن الهبوط إلى هذا المستوى قبيل نهاية العصر الحجري القديم قد يُعزى إلى أن هبوطا موازيا في منسوب فيضان النيل عند بني سويف قد حدث في ذلك العصر، وأن الاتصال بين النهر والبحيرة لكونه قد ظل مفتوحاً عن طريق التحات السفلي في الصخور الناعمة عند مدخل قناة الهوارة، واكب نحات النهر في واديه. قد يبدو هناك سبب للاعتقاد – من ملاحظات ساندفورد وآركل في وادي النيل، بالإضافة إلى نتائج آبار الاستكشاف العميقة التي شُقت في الزقازيق ورشيد، أنه في العصر السبيلي المتأخر هبط مستوى فيضان النيل عند بني سويف لحوالي 3 أمتار تحت مستوى سطح البحر الحالي، والذي مع هبوط قدره متران في القناة سيماثله مستوى للبحيرة قدره 5 أمتار تحت سطح البحر إن تم الحفاظ على الاتصال الحر بينها وبين النهر.

وهناك احتمال شديد أن ذلك التحات في منطقة المدخل إلى قناة الهوارة ربما تواصل فعلياً حتى وصل إلى عمقٍ وافٍ ظل به الاتصال مفتوحا، وذلك في ضوء حقيقة أن الآبار الاستكشافية التي شقتها مؤخراً مصلحة المساحة الجيولوجية تبيّن أن العمق الذي تحاتَّ عنده القاع الصخري للقناة بلغ نقطة في منتصف المسافة على امتداد مجراها، يبلغ 17 مترا تحت سطح البحر. في النقاط الأقرب إلى وادي النيل، ربما يبلغ التحات بالطبع عمقا يساوي كبر هذا العمق، لكن حتى عند المدخل إلى القناة، ربما – كما نعرف جميعا – قد تواصل العمق حتى وصل إلى 8 أو 10 أمتار تحت مستوى سطح البحر، مما يوفر كل العمق المطلوب للحفاظ علي الاتصال الحر بين البحيرة والنيل.

بحيرة الفيوم في العصر الانتقالي فيما بين العصر الحجري القديم والعصر الحجري الحديث

عند قرابة انتهاء العصر السبيلي - عندما انخفض سطح بحيرة الفيوم لعمق 5 أمتار تقريبا تحت مستوى سطح البحر الحالي – بدأ منسوبها في الارتفاع من جديد، واستمر في الارتفاع تدريجيا عبر العصر الانتقالي بين العصر الحجري القديم والعصر الحجري الحديث (والذي ربما قد امتدت فترته الزمنية من حوالي 10.000 ق.م حتي 8.000 ق.م) حتي بلغت البحيرة عند بداية العصر الحجري الحديث منسوب قدره 18 مترا فوق المستوى الحالي لسطح البحر.

إن الدليل علي هذا الارتفاع في منسوب البحيرة خلال العصر الانتقالي توفِّره مصطبة معروفة جيدا من الرمال البيضاء، والتي اكتشفت على يد كاتون طومسون وجاردنر عند مستوى يقدر بحوالي 18مترا فوق مستوى سطح البحر في الجزء الشمالي من منخفض الفيوم، والتي من دراستهما للصفات التطابقية والحيوانية قد اعتبرتاها مميزة للخط الساحلي للبحيرة في فترة سبقت ذلك العصر التي استوطن فيه أقوام العصر الحجري الحديث في الفيوم. ومن مواصفات الأصداف التي وُجدت في نطاق هذه المصطبة، لا يمكن أن يكون ثمة شك أنه في العصر الذي تكونت فيه المصطبة، كانت البحيرة على اتصال حر بالنيل، وبالتالي يمكننا الاستنتاج أن النيل بدأ في الارتفاع من جديد بعد هبوطه في نهاية العصور السبيلية المتأخرة تقريبا

لأقل منسوب لفيضانه عند بني سويف الذي بلغ حوالي 3 أمتار تحت مستوى سطح البحر الحالي. ولأن البحيرة كانت حينئذٍ على اتصال حر بالنيل فقد ارتفعت على نحو مماثل مع ارتفاع النيل، حتى وصل ارتفاع سطح البحيرة إلى حوالي 18 متراً فوق مستوى البحر الحالي عند بداية العصر الحجري الحديث.

بحيرة الفيوم في العصر الحجري الحديث وعصر بداية الأسرات

بعد وصول بحيرة الفيوم لمنسوب 18 متراً عند بداية العصر الحجري الحديث (الذي ربما كان حوالي عام 8000 ق.م) بدأت البحيرة في الهبوط مرة أخرى، واستمر الهبوط حتى حوالي عام 6000 ق.م، عندما استقر سطح البحيرة عند ارتفاع 10 أمتار تقريبا فوق مستوى سطح البحر حاليا. ثم بدا أن منسوب البحيرة قد ظل ثابتاً مستقراً لفترة قصيرة من الزمان، بعدها خضع لهبوط آخر، حتى وصل مستوى الهبوط لحوالي 2 متر تحت سطح البحر فيما لا يقل عن عام 4500 ق.م تقريبا عندما استقر من جديد وظل عند ذلك المنسوب الأخير على امتداد عصر ما قبل الأسرات وعصر بداية الأسرات. والدليل على الهبوط حتى منسوب 10 أمتار وعلى أن البحيرة قد ظلت لفترة قصيرة عند ذلك المنسوب قد أتاحه اكتشاف كاتون طومسون ومس جاردنر لمواقع أربع عشرة مستوطنة بشرية تعود للعصر الحجري الحديث في الجزء الشمالي من المنخفض، تمتد جميعها على مسافة تقدر بحوالي 60 كم عند ارتفاعات ما بين 13 إلى 14.5 متر فوق مستوى سطح البحر، وتدل بوضوح على وجود بحيرة تصل لحوالي 10 أمتار فوق سطح البحر في الفترة التي كانت فيها هذه المستوطنات موجودة. ومن فحص الأدوات والبقايا الأخرى التي عُثر عليها في هذه المستوطنات، استنتجت كاتون طومسون ومس جاردنر أنها ترجع لقبيلة أو قبائل بشرية من العصر الحجري الحديث كانت تعمل بالرعي والزراعة ووصلت إلى الفيوم في حوالي عام 6000 – 5000 ق. م.

إن الهبوط الإضافي في سطح البحيرة لمترين تحت سطح البحر والذي حدث في المدى الزمني للعصر الحجري الحديث قد أثبته اكتشاف الباحثتين لمستوطنات من نهايات العصر الحجري الحديث عند مستويين أكثر انخفاضا، وأدنى تلك المستويات يقع عند شاطئ شديد الوضوح عند مستوى المترين المذكور آنفا، وأن البحيرة قد ظلت عند هذا المستوى الأخير في العصور التاريخية حسبما أظهر وجود أدوات حجرية و فخارية – على الشاطئ نفسه – تعود إلى عصر ما قبل الأسرات وعصر الأسرات الباكر. وقد استنتجت كاتون طومسون وجاردنر من دراستهما للبقايا التي عثرتا عليها في هذا الشاطئ أن أهل العصر الحجري الحديث – بعد أن أجبرتهم الزيادة التدريجية في درجة جفاف المناخ على هجرة النشاط الزراعي والالتجاء إلى صيد السمك كوسيلة للمعيشة – قد انقرضوا في نهاية الأمر في حدود عام 4500 ق. م، عندما وصل شعب آخر (شعب عصر ما قبل الأسرات) إلى نفس الشاطئ واستقروا عليه، ثم تلاهم فيما بعد شعب عصر الأسرات الباكر.

فيما يتعلق بسبب انخفاض منسوب البحيرة من 18 متر فوق مستوى سطح البحر إلى مترين تحته خلال العصور الحجرية الحديثة؛ فإننا قد لا نستطيع أن نتخيل أن انخفاض منسوب البحيرة كان بسبب انخفاض مماثل في منسوب النيل في تلك العصور، حيث لدينا أسباب قوية للاعتقاد أن منسوب النيل في مصر الوسطى والسفلى كان يرتفع ببطء منذ بداية العصر الحجري الحديث.

لذلك نستطيع الاستنتاج فقط أن السبب في انخفاض منسوب البحيرة خلال ذلك العصر لا بد أنه يرجع إلى أن التدفق السنوي للمياه من النيل قد تضاءلت كميته لدرجة صغيرة جدا عن أن يعوض بشكل كامل المياه التي تتبخر سنويا من البحيرة، وعلينا أن نسأل أنفسنا عن كيفية حدوث هذا التضاؤل في تدفق المياه من النيل إلى البحيرة. أعتقد أن أكثر التفسيرات قبولا هي أنه بعد بداية العصر الحجري الحديث مباشرة، انتحى مجرى النيل الرئيسي نحو الجانب الشرقي من واديه، تاركا فقط فرعاً صغيرا من النهر على اتصال مباشر بقناة الهوارة. وما إن تسبب تضاؤل تدفق النهر في انخفاض منسوب سطح البحيرة بشكل مستمر لأدنى من مستوى منسوب النيل في فترة التحاريق، لم يعد هناك بالطبع أي تدفق سنوي عائد من البحيرة في اتجاه النهر، وبالتالي ستكون هناك نزعة لأن تمتلئ القناة جزئيا بالغرين، وعلى ذلك بمرور الوقت ستمنع القناة كمية المياه التي كان من الممكن أن تمر سنويا من النهر إلى داخل المنخفض.

بحيرة الفيوم في عصور الدولة الوسطى والدولة المتأخرة.

بحيرة موريس

يبدو أن بحيرة الفيوم في فترة الدولة الوسطي قد استقرت عند منسوب مترين أو نحو ذلك تحت مستوى سطح البحر الحالي حتى ألفي سنة ق.م، عندما عمل أحد الملوك المهتمين بالهندسة من الأسرة الثانية عشرة - ربما كان أمنمحات الأول – على توسعة وتعميق القناة التي تصل بين النيل ومنخفض الفيوم عن طريق عمليات الحفر، وبذلك عمل على تيسير مرور كمية متزايدة من المياه إلى البحيرة سنوياً. وكنتيجة لهذا التدفق السنوي المتزايد من الماء، ارتفع سطح البحيرة تدريجيا حتى وصل في النهاية لارتفاع بلغ في المتوسط حوالي 18 مترا فوق مستوى سطح البحر الحالي. ونتيجة لكون البحيرة وقتها في حالة توازن هيدروليكي مع النيل؛ فإن سطحها كان يرتفع وينخفض سنويا بمقدار صغير كنتيجة لحدوث تدفق من النهر إلى البحيرة في الموسم الذي كان يتم فيه فيضان النيل، ولحدوث حركة تدفق عكسي – أصغر في الكمية نتيجة لفقد المياه عن طريق التبخر – من البحيرة عائدة إلى النهر في موسم التحاريق. وبذلك، فقد قامت البحيرة بوظيفتين: خزان وقت الفيضان من ناحية ووسيلة ارتشاح لمياه الفيضان إلى النيل مرة أخرى من ناحية ثانية وهي بذلك لم تحفظ أراضي مصر السفلى من الآثار المدمرة للفيضانات العالية فحسب، بل عملت أيضا على زيادة إمدادات المياه في النهر بعد انتهاء موسم الفيضان.

يتوفر لنا دليل تاريخي عن هذا الارتفاع الصناعي في منسوب البحيرة وتحوُّلها إلى خزان ورشاح للفيضان في عصور الدولة الوسطي، وعن استمرارها في هذه الوظيفة بهذه الطريقة الثانية عبر عصر الأسرات المتأخر، من كتابات هيرودوت، الذي زار الفيوم عام 450 ق.م والذي لا يعطينا فقط في الجزء الثاني من كتابه (التاريخ) وصفا لما رآه بنفسه في البحيرة (وكانت تسمى وقتئذ "بحيرة موريس")، بل سرد أيضا ما قصه عليه الكهنة بخصوص نشأتها وحجمها.

فيما يختص بنشأة البحيرة؛ يخبرنا هيرودوت أنه – وفقًا لرواية الكهنة – قد حفرها الملك موريس، آخر ملك من ثلاثمائة ملك، سُجلت أسماؤهم في لفافة بردي، كانوا قد حكموا مصر بشكل متتابع بعد الملك مينا، أول ملوك الفراعنة. وقال الكهنة إن هذا الملك "موريس " قد توفي قبل الفترة التي زار فيها هيرودوت

مصر بنحو 900 عام، وأنه قد خلفه ملك آخر يُدعى " سيزوستريس"، الذي - بعد أن أخضع القبائل المقيمة على ساحل البحر الأحمر- توجه بجيش عظيم على امتداد القارة الأفريقية وأخضع لسيطرته كل أمة مر عليها في طريقه.

خبرنا هيرودوت أنه رغم أنه كان واضحا أن البحيرة كانت صناعية وتكونت بالحفر، وأن مياهها قد جاءت إليها عن طريق قناة من النيل، إلا إنه لم يستطع بنفسه رؤية اين وُضع التراب الذي شُق واستُخرج من الأرض التي كانت مكان البحيرة، لكن بسؤاله القبائل التي أقامت بالقرب من البحيرة عن المكان الذي طُرح فيه التراب الذي استُخرج من الأرض بعد حفرها؛ أجابوه بأنه نُقل إلى النيل حيث حمله التيار ووزّعه بعيدا، وهو تفسير تقبله هيرودوت سريعا.

أما بخصوص البحيرة نفسها أثناء الفترة التي زار فيها مصر، فيخبرنا هيرودوت أن محيطها الدائري بلغ 3600 فرسخا، وأنها تمتد طوليا من الشمال إلى الجنوب، وأن عمقها في أكثر مناطقها عمقا كان 50 قامة، وأن في منتصفها تقريبا انتصب هرمان، كل منهما ارتفع إلى50 قامة فوق سطح مياهها ويمتد بقيته تحت السطح لعمق يبلغ 50 قامة أيضاً. وكلٌّ منهما كان يعتليه تمثال ضخم جالسا على مقعد، وأن المياه كانت تتدفق من النيل إلى البحيرة لمدة ستة أشهر في السنة، وأنها كانت تعود إلى النيل مرة أخرى في الستة أشهر المتبقية من السنة، و أنه في الستة أشهر التي كانت المياه تتدفق فيها من البحيرة عائدةً إلى النيل كانت تجلب إلى الخزانة الملكية عوائد مقدار طالن واحد من الفضة كل يوم عن صيد الأسماك من البحيرة، وثلث طالن كل يوم عندما كانت مياه النيل تتدفق إليها، وأن أهل البلد قالوا أن البحيرة منبعها تيار مائي جوفي مصدره أرض سيرت الليبية.

ولن يكون ثمة احتمال لتصديق ما قاله لنا هيرودوت أن البحيرة نفسها قد حفرها الملك "موريس" حيث – كما رأينا وشرحنا بالفعل - إن هناك أكثر الأدلة الأثرية والجيولوجية وضوحا على أن منخفض الفيوم قد شقته بعمقه الكامل عوامل طبيعية، وملأته بحيرة طبيعية في عصور سحيقة قبل بزوغ فجر التاريخ، وأنه بكل الاحتمالات وجدت بحيرة أكبر حجماً بكثير من بركة قارون الحالية داخل المنخفض في الفترة التي بدأ فيها الملك موريس حكمه. لذلك، لا بد أن عمليات الحفر التي قام بها هذا الملك قد اقتصرت على تحسين وتطوير القناة الواصلة بين النيل والبحيرة الموجودة، فسبَّب ذلك بالتالي زيادة هائلة في منسوب البحيرة وزيادة كبرى في امتدادها.

فيما يتعلق بهوية الملك الذي سماه الكهنة "موريس"؛ يُرجح أنه أمنمحات الأول، من الأسرة الثانية عشرة، والذي - حسب الترتيب التاريخي الذي يعتقده الآن علماء المصريات على العموم – تولى حكم مصر في الفترة من عام 1980 ق. م حتى1950 ق. م تقريبا، وتلاه في الحكم سيزوستريس الأول. وهناك أدلة أثرية كثيرة على أن ملوك الأسرة الثانية عشرة كانوا شديدي الاهتمام بالفيوم، حيث وجدت مجموعة من التماثيل لأمنمحات الأول هناك. لذلك، لابد أن الفترة الفاصلة بين وفاة الملك "موريس" وبين زيارة هيرودوت كانت حوالي 1500 سنة وليست 900 سنة كما روى الكهنة.

لا بد أن غرض أمنمحات من تطوير القناة الواصلة بين النيل والبحيرة كان توفير مخرج لمياه الفيضان الزائدة عن الحد المعتدل، ناهيك عن تأمين وجود مخزون زائد من ماء النهر في موسم التحاريق، حيث أن من الراجح أن قدماء المصريين – الذين لم يكونوا يطبقون إلا نظام ري الحياض أو الري بالغمر – لم يهتموا على الخصوص بزيادة إمدادات المياه من النهر في موسم التحاريق، بينما كانوا بالطبع حريصين على الوقاية من الآثار المدمرة الواسعة – في شكل هدم سدود النهر وهدم البيوت والبساتين – الناتجة عن الفيضانات شديدة الارتفاع، وعلاوة علي ذلك ربما لم يكونوا على يقين – حتي ارتفعت البحيرة لمنسوبها النهائي تقريبا - أن محتوى البحيرة من الماء لن يصرَّف بسرعة بالتدفق الجوفي تحت ضغط المياه الهائل. وفي الحقيقة، فقد رأينا أنه في زمن هيرودوت كان هناك رأي متوارث بحدوث تصريف جوفي من البحيرة وقتها. في عصر هيرودوت تتضح الآثار السيئة للفيضانات شديدة الارتفاع على الزراعة في وادي النيل ويصل أثرها إلى الأراضي المتاخمة للحافة الصحراوية الغربية، والتي تقع عند مستويات أدنى من مستويات الأراضي القريبة من النيل، وبالتالي لم تظل مغمورة لفترة أطول خلال الفيضانات المرتفعة فحسب، بل كانت خاضعة أيضا للارتشاح من الأراضي الأعلى بعد انحسار مياه الفيضان.

لذلك، ربما كان غرض أمنمحات الأول من تعميق القناة المؤدية إلى الفيوم هو تصريف المستنقعات الواقعة على امتداد الحد الغربي من وادي النيل في صعيد مصر. ثم فيما بعد، عندما قامت هذه الأراضي بتصريف الفائض من مياهها، تكونت تقريبا قناة طبيعية على امتداد خط بحر يوسف الحالي، ربما كان يؤدي بسهوله وظيفة قناة توصّل المياه من النيل عند مكان ما في الجنوب – بالقرب من منفلوط أو ديروط – وقادرة علي نقل نسبة كبيرة جدا من مياه فيضان النيل من ذلك المكان الموجود إلى منخفض الفيوم، بالإضافة إلى عملها كمصدر لتزويد المراكز العمرانية الموجودة على امتداد ضفافها باحتياجات المياه، وكوسيلة للمواصلات بين تلك المراكز.

وفي الواقع هناك اعتقاد عام أن بحر يوسف – بناءً على تعرجه - أنما يسلك مجرى قناة طبيعية في الجزء الأكبر من مجراه، وحتى حلول عام 1870 كان يأخذ امداداته مباشرة من النهر عند ديروط بدلا من أن تغذيه ترعة الإبراهيمية كما هو الوضع الآن. وبذلك يبدو ممكنا أن "يوسف" الذي يُفترض – من الناحية التراثية –هو الذي شق القناة التي تحمل اسمه، ربما كان في الحقيقة أحد المهندسين العاملين لدى أمنمحات.

وبعد مرور 38 قرنا أو نحو ذلك منذ عصر أمنمحات، ارتفعت بالطبع الأراضي على كلا جانبي بحر يوسف تدريجيا بواسطة الإرسابات من طمي النيل خلال غمر المياه للأراضي كل سنة، بنفس الطريقة التي ارتفعت بها الأراضي المتاخمة للنيل نفسه، والأراضي المتاخمة للقناة مباشرة تعد الآن في أماكن عديدة أعلى نسبيا من تلك الأراضي الواقعة على مسافة تبعد قليلا عن القناة علي كلا جانبيها. من الممكن أن تكون قد شُقت فتحات من النيل إلى القناة في أكثر من مكان، لكن مهما كان عدد و مواقع نقاط الاتصال بالنهر، يمكننا الافتراض على نحو معقول أنه بعد أن بلغت البحيرة أقصى ارتفاع لها، فإن منسوب المياه في القناة عند المكان الذي دخلت فيه إلى قناة الهوارة كان هو نفسه منسوب مياه النيل عند خط عرض الهوارة، وأنه خضع للهبوط والارتفاع الموسميَّيْن مثله تماما.

فيما يختص بعدد السنوات التي ربما استغرقتها البحيرة في الارتفاع لهذا المنسوب وبلوغها وضْع التوازن الهيدروليكي مع النيل بعد أن شق أمنمحات القناة الواصلة بين البحيرة والنيل، وفيما يختص أيضا بنطاق التذبذب السنوي في منسوب البحيرة الذي يحدث بسبب الحركة السنوية للمياه الداخلة إلى البحيرة و الخارجة منها كلما ارتفع منسوب النيل أو انخفض.....فإننا لا نستطيع أن نتأكد منهما تأكدًا تاماً، حيث إننا لا نعرف العرض و العمق اللذيْن شُقت عندهما القناة. لكن قد نستطيع بسهولة الحصول على أرقام تقريبية لكل من مدة ارتفاع البحيرة ونطاق التقلب السنوي اللاحق في منسوبها؛ إن افترضنا أن القناة قد شُقت إلى هذه الأبعاد بحيث تمدنا بحل نصل به لنسبة محددة ومقبولة، لنقلُ بمقدار العشر من مقدار التصريف الكلي السنوي للنيل في موسم الفيضان، وأن متوسط التصريف السنوي للنيل ونطاق التقلب السنوي في منسوبه كانا بنفس درجتيهما في عصر أمنمحات بمثل ما كانا منذ عقود قليلة مضت قبل أن يتشوش التدفق الطبيعي للنهر مع بناء خزان أسوان والقناطر العديدة الأخرى.

إن متوسط إجمالي حجم مياه النيل التي تتدفق سنويا في النهر وفي بحر يوسف عند خط العرض المار ببني يوسف في العصر الحالي هو 75 كم مكعب تقريبا، كان يتدفق منها عندما كان النهر في حالته الطبيعية حوالي 62 كم مكعب خلال الستة أشهر (يونيو – نوفمبر بلا استثناء)، والـ 13 كم الباقية خلال الستة أشهر المتبقية (ديسمبر – مايو)، وكان متوسط نطاق التقلب في النهر بين الارتفاع و الانخفاض في منسوبه حوالي 7 أمتار. في العادة ينخفض النهر في حالته الطبيعية لأدني منسوب له بحلول نهاية شهر مايو تقريبا، ثم يبدأ في الارتفاع في شهر يونيو حتي يصل لأقصى ارتفاع لمنسوبه في شهر سبتمبر، ثم يبدأ في الانخفاض مرة أخرى، وبحلول نهاية شهر نوفمبر يكون قد انخفض بشكل تنازلي في حدود ثلاثة أمتار من أدنى منسوب له. فيما يختص بالمناسيب الفصلية للنيل المرتفع والمنخفض بالقرب من مدخل قناة الهوارة في زمن أمنمحات، فلدينا سبب يحملنا على التصديق - بناء على ملاحظات هورنر[(14)] عند مسلة سيزوستريس الأول في هليوبوليس – أن منسوب فيضان النيل في هذا المكان من مصر قد ارتفع لحوالي 3 أمتار ونصف منذ عصر الأسرة الثانية عشرة بفضل إرساب الغرين.

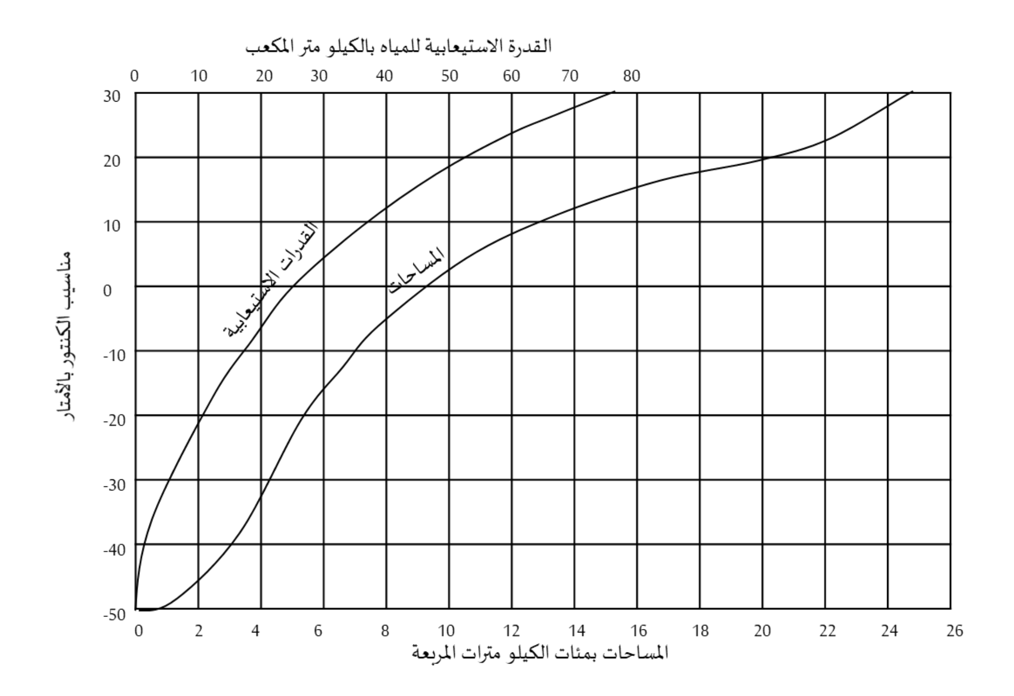
ومن ثم، لابد أن متوسط مناسيب الفيضان والتحاريق بالقرب من بني سويف - والتي هي للنيل الطبيعي الآن 27 متر و20 متر على الترتيب - كانت في عصر أمنمحات حوالي 23.5 متر و16.5 متر فوق مستوى سطح البحر حاليا. لذلك كان على البحيرة أن ترتفع من منسوبها السابق البالغ حوالي – 2 متر لتصل إلى نحو 16.5 مترًا وذلك لكي تبلغ وضع التوازن الهيدروستاتيكي مع النيل في مرحلة انخفاضه، ومن ثم تبلغ القدرة الاستيعابية للمياه في منخفض الفيوم عند خطوط الكنتور – 2 م و16.5 متر على التوالي حوالي 23 و 46 كم مكعب (أنظر جدول 73 و شكل 31) ، والإضافة الصافية لسعة البحيرة الضرورية للوصول إلى هذه الزيادة كانت حوالي 23 كم مكعب.

وخلال الفترة التي كانت تحدث خلالها هذه الزيادة قد يُقدَّر اتساع مساحة سطح البحيرة بناءً على خطوط كنتور الفيوم في الوقت الحالي بأن متوسطها قد يصل لحوالي 1300 كيلو متر مكعب، ومن ثم بناءً على الافتراض أن التبخر الذي حدث منها بنفس المعدل الذي يتبخر به الماء من بركة قارون حاليا - أي حوالي 180 سنتيمتر في السنة - فإن متوسط حجم الماء الذي يُفقد سنويا بالتبخير خلال فترة ارتفاع

المنسوب لابد أنه كان حوالي 2.3 كم مكعب تقريبا. وبذلك، إن افترضنا أن 7.5 كم مكعب من الماء - أو عُشر متوسط إجمالي التصريف السنوي للنهر- قد دخل إلى البحيرة في كل سنة من فترة ارتفاع منسوب النيل، فإن 2.3 كيلو متر مكعب من هذا التدفق السنوي ستُفقد في المتوسط عن طريق التبخر تاركة (على افتراض أنه لم يحدث أي فقد إضافي عن طريق الصرف الجوفي) 5.2 كم مكعب، بمثابة متوسط الإضافة السنوية الصافية إلى سعة البحيرة. ونظرا لأن إجمالي الزيادة الصافية في حجم البحيرة كان 23 كم مكعب، فبالتالي لابد أن المدة التي استُغرقت في الزيادة كانت $\frac{23}{5.2}$، أو لنقل 4 أو 5 سنوات.

بعد مرور السنوات الخمس وارتفاع البحيرة إلى منسوب النيل وقت التحاريق لتلك العصور، أي 16.5 متر، لم يحدث أي تدفق من البحيرة وإليها عند نهاية مايو بسبب تساوي منسوب النهر والبحيرة في تلك الفترة، أي فترة انخفاض النيل. لكن بحلول شهر يونيو - عندما بدأ النهر في الارتفاع فوق أدنى منسوب تبلغه مياهه - يبدأ تدفق المياه من النيل إلى البحيرة وتزداد كميته تدريجيا بارتفاع النهر لمنسوب فيضانه، ثم يتضاءل ذلك التدفق تدريجيا حتى يهبط النيل لنفس المنسوب الذي ارتفعت إليه البحيرة نتيجة التدفق إليها (الذي – كما سنبيّن الآن – سيكون بحلول نهاية شهر نوفمبر تقريبا) عندما يتوقف التدفق من النيل إلى البحيرة. وحينئذ يبدأ تدفق عكسي نتيجة لانخفاض منسوب النيل بدرجة أسرع من البحيرة، وسيستمر هنا التدفق العكسي من البحيرة إلى النهر حتى حلول نهاية شهر مايو تقريبا، عندما يكون النيل قد انخفض إلى أدنى منسوب له، البالغ 16.5م، وستكون البحيرة وقتها قد انخفضت إلى نفس المنسوب، وبالتالي سيكون هناك توازن بين النهر والبحيرة. والآن هيا نفترض أنه بعد بلوغ البحيرة لمستوى التوازن أن تدفق المياه إليها خلال الشهور الستة (يونيو إلى نوفمبر) كان بمقدار عُشر متوسط تَصَرُّف النيل خلال تلك الشهور الستة - أي عُشر 62 أو 6.2 كم مكعب - ثم نحسب المنسوب الذي سترتفع إليه البحيرة من جراء هذا التدفق.

يبلغ متوسط مساحة البحيرة خلال التدفق حوالي 1850 كم مربع (وهذه تعد المساحة التقريبية لمنخفض الفيوم عند كنتور 18م) ومن ثم فإن حجم المياه التي ستُفقد بالتبخير خلال أشهر التدفق الستة ستكون حوالي 1.67 كيلومتر مكعب، مخلّفة 4.53 كم مكعب كإضافة صافية لحجم المياه في البحيرة، وهذه الإضافة ستنتشر على امتداد مساحة قدرها 1850 كيلو متر مربع وستسبب ارتفاعا في منسوب البحيرة قدره $\frac{4.53}{1.85}$ أو 2.45 متر. وعلى ذلك، ستكون البحيرة قد ارتفعت لمنسوب قدره 16.5+2.45، أو لنقل 12 مترا، بحلول نهاية شهر نوفمبر. لكن هذا الارتفاع لكونه أعلى من منسوب النيل المنخفض بـ 2.5 متر، فإنه تقريباً يعد فقط المنسوب الذي انخفض إليه النيل نفسه في ذلك الموسم من العام، بحيث أنه عند نهاية شهر نوفمبر ستصل البحيرة من جديد لحالة التوازن مع النهر وسيتوقف التدفق من النهر إلى البحيرة. حتى لو أن النيل لم ينخفض تماما إلى هذا المنسوب البالغ 19 مترا بحلول نهاية شهر نوفمبر، فإنه حينئذ سينخفض بشكل سريع، لدرجة أنه في الغالب لابد أن تكون قد مرت أسابيع قليلة فقط قبل وصول النيل لحالة التوازن الكامل مع البحيرة.



شكل31: رسم بياني يوضح المساحات والقدرة الاستيعابية لمنخفض الفيوم عند مناسيب كنتور مختلفة

وخلال تلك الأسابيع القليلة سيكون منسوب النهر أعلى قليلا من منسوب البحيرة لدرجة أن الكمية الإضافية من المياه التي ستدخل للبحيرة ستكون ضئيلة جدا، ومن المحتمل أنها لن تتعدَّ مقدار الفاقد بالتبخير، وبالتالي لن يرتفع منسوب البحيرة بدرجة أزيد من ذلك. بعد وصول حالة التوازن لمنسوب 19 متر، فإن النيل وقتها لا يزال في مرحلة الانخفاض، بحيث أن التدفق العكسي سيبدأ من حوض البحيرة إلى النيل، وسيستمر هذا التدفق العكسي حتى نهاية شهر مايو، عندما يكون النهر والبحيرة قد انخفضا إلى منسوب التحاريق البالغ 16.5 مترا. وحينئذ ستبدأ الدورة السنوية التي وضحناها آنفاً. وفيما يتعلق بحجم المياه التي ستعود إلى النيل بالتدفق العكسي خلال الشهور الستة (من ديسمبر إلى مايو)؛ فمن الواضح أنه سيساوي الفرق بين المقدار الذي زاد به حجم البحيرة خلال شهور التدفق الستة وبين الكمية التي فُقدت من البحيرة بالتبخير خلال الشهور الستة للتدفق العكسي، وهي 4.53 -1.67، أو 2.86 كم مكعب. وبذلك، بناءً على الافتراض الذي افترضناه آنفا، فإن من الـ 6.2 كم مكعب من المياه التي خرجت من النهر خلال الشهور الستة (يونيو – نوفمبر)، سيعود منها 2.86 كم مكعب فقط إلى النهر خلال الشهور الستة اللاحقة، والـ3.34 كم مكعب المتبقية ستكون قد تلاشت من البحيرة عن طريق التبخر.

سيتضح من الاستنتاج المذكور بالأعلى أنه مالم يتخطَّ متوسط إجمالي المياه التي خرجت من النيل إلى البحيرة مقدار عُشر متوسط إجمالي تصريف النيل خلال الستة شهور الخاصة بمرحلة الفيضان؛ فإن متوسط نطاق الفرق في منسوب البحيرة بمجرد ارتفاعها ووصولها لمرحلة التوازن الهيدروليكي مع النيل لم يتعدَّ في عصر أمنمحات حوالي 2.5 متر وكذلك إن أدنى منسوب للبحيرة قد بلغ في المتوسط حوالي 16.5 م وأقصى منسوب قد وصل لحوالي 19 متر فوق مستوى سطح البحر حاليا، وبذلك لن يكون المدى

المتوسط للتقلب في منسوب البحيرة الا أقل قليلا ًمن ثلث مدى التقلب في منسوب النهر. في السنوات التي ارتفع فيها منسوب الفيضان إلى مستويات استثنائية، ستخرج كمية أكبر من مياه النيل إلى البحيرة، وبالتالي ستبلغ البحيرة في هذه السنوات منسوبا ًأقصى بدرجة تزيد نوعاً ما عن 19 مترا، بينما في سنوات الفيضانات منخفضة المنسوب إلى درجة استثنائية، ستخرج كمية أصغر من مياه النيل إلى البحيرة ولن تصل لأعلى من ذلك المنسوب.

في الحقيقة، كانت إحدى المميزات العظمى للعمل الذي نفذه أمنمحات أنه كلما علا منسوب الفيضان كلما زادت نسبة مياه الفيضان التي ستتدفق أوتوماتيكيا إلى البحيرة، حيث إنه كلما زاد ارتفاع منسوب النهر كلما زاد المقطع العرضي لمجرى المياه المتدفقة للبحيرة وكذلك انحداره وبالتالي سرعته. هناك نقطة أخرى بخصوص ذلك المشروع؛ وهي أنه ما إن تم حفر القناة، فإن التدفق من النيل للبحيرة والتدفق العكسي سيحدثان بشكل أوتوماتيكي بحيث إنه لن يكون ثمة احتياج للتنظيم الصناعي. وفي الحقيقة، من الجدير بالذكر أن هيرودوت لم يذكر شيئا عن أية إنشاءات لتنظيم تدفق المياه في القناة، فمن المحتمل أنه لو كانت مثل تلك الانشاءات موجودة في عصره، لذكرها بالتأكيد في كتاباته. حتى تراكم الغرين في القناة كان سيُمنع، لأن الغرين المترسب فيها خلال فترة بطء تدفق المياه في أي سنة كانت ستتم إجلاؤه وإزالته من جديد عن طريق التدفق السريع للمياه في موسم الفيضان التالي. وهذا من المحتمل ان يفسر السبب في استمرار مشروع أمنمحات في أداء وظيفته بنجاح لفترة تزيد عن 1500 سنة بعد عصره.(15)

يبدو – من قبيل المصادفة البحتة – أن التقدير السابق لنطاق التقلب في منسوب البحيرة في عصر أمنمحات يقنعنا على نحو مُرضٍ بقبول أحد الاعتراضات التي أبدتها ميس كاتون طومسون وميس جاردنر ضد الرأي القائل أن بحيرة موريس كانت بحيرة عالية المنسوب، بمعنى أن الأرضيات الحجرية التي انتصبت عليها قواعد تماثيل امنمحات الثالث كان لابد لها حينئذ من أن توضع تحت المياه؛ لأنه إن كان منسوب البحيرة ينخفض لحوالي 16.5 متر كل عام – كما أوضحتُ أن ذلك هو المرجح حدوثه - فإن من الواضح أن الأرضية الحجرية كان من الأسهل أن توضع في الأرض الجافة.

في الـ 1500 سنة التي مرت فيما بين عصر أمنمحات وعصر هيرودوت، كان قاع النيل قد ارتفع (بفعل تراكم الإرسابات بمعدل 9 سنتيمترات في القرن) بحوالي 1.3 متر، أي أن منسوب نيل الفيضان سيكون قد ارتفع لحوالي 24.8 م، ومنسوب نيل التحاريق سيكون حوالي 17.8 متر، فوق مستوى سطح البحر الحالي.

وبناء على الفرضيات أن عُشر المياه المصرّفة عن فيضان النيل خلال الشهور الستة (يونيو إلى نوفمبر) كانت لا تزال تمر من النهر إلى البحيرة كل عام، وأن معدل التبخر كان 180 سنتيمتر في السنة.... فلابد أن منسوب البحيرة قد تذبذب فيما بين 17.8 متر و20 متر تقريباً. (النقص الطفيف البالغ حوالي 0.3 متر في الإجمالي يعد بالطبع ناجما عن المساحة الكبيرة التي يشغلها سطح البحيرة في موسم الفيضان العالي)، وخلال الستة أشهر (ديسمبر إلى مايو) لا بد أنه كان هناك تيار متدفق من المياه من البحيرة عائدا إلى النيل قدره 2.5 كم مكعب تقريبا. والآن فإن أُسُس قواعد تماثيل أمنمحات الثالث الموجودة عند

بياهمو – التي بلا شك هي (الأهرامات) التي رآها هيرودوت في البحيرة - تعد عند مستوى قدره 18 م تقريبا فوق مستوى سطح البحر، وقواعد التماثيل نفسها – التي لاتزال منتصبة – يقدر ارتفاعها بـ 6.5 متر. ومن ثم، في عصر هيرودوت كانت البحيرة التي وصلت حينئذ لأعلى منسوب لها والبالغ 20 مترا (أو من المحتمل 21 مترا في سنوات النيل العالي الاستثنائية) كانت ستبلغ أقل من نصف طول قاعدتي التمثالين إلى حد ما.

وبذلك، بينما كان هيرودوت بلا شك قد وقع في خطأ فادح بوصفه "الأهرامات" بأنها ترتفع بمقدار 50 قامة فوق سطح البحيرة، وتنزل تحت السطح بمقدار50 قامة أيضاً؛ فربما كانت معلوماته صحيحة بخصوص أنها كانا مغمورين تحت الماء وبخصوص أنه كان هناك في ذلك الوقت تدفقٌ من المياه إلى البحيرة لمدة ستة شهور من السنة وتدفقٌ خارجٌ منها في الستة شهور المتبقية. وفي اعتقادي أنه من السهل أن نستنتج كيف توصل هيرودوت إلى الخطأ الذي ارتكبه فيما يتعلق بالارتفاع الحقيقي "للهرمين". لقد أخبره الكهنة أن البحيرة كان عمقها 50 قامة في أكثر أجزائها عمقا (وذلك لم يكن بعيدا عن الحقيقة؛ فإن أقصي عمق فعلى للبحيرة هو 73 متر تقريبا أو 40 قامة)، وأن "الهرمين" امتدّا تحت سطح الماء بمثل امتدادهما فوقه (وذلك أيضا بلا شك صحيح تقريبا)؛ إذا برؤيته من على مسافة بعيدة "الهرميْن" منتصبيْن تخيل هيرودوت أن مكانهما يمثل منتصف البحيرة تقريبا، فربما يكون قد استنتج بشكل خاطئ أنهما يقعان في أعمق جزء من البحيرة، وبالتالي يكون ارتفاعهما الإجمالي 100 قامة.

في ضوء ما أخبرنا به هيرودوت عن مقدار الأسماك التي كانت تصاد من المياه التي كانت تتدفق عائدة من البحيرة إلى النهر[16]؛ فمن المثير للاهتمام أن نبحث في درجة العذوبة المحتملة لمياه البحيرة في عصره مقارنة بدرجة عذوبة مياه النيل، وهذا السؤال يفضي بنا إلى إجابة سهلة. من الواضح أن درجة عذوبة البحيرة تظل كما هي بلا تغيير بعد وصولها إلى حالة مثل تلك التي كان إجمالي كمية الملح الشائع التي دخلت مذابة إلى البحيرة كل سنة في ماء النيل المتدفق إليها مساويا لتلك الكمية من الاملاح التي خرجت منها سنويا ً في التيار العائد إلى النهر. وبذلك، في عصر هيرودوت لابد أن إجمالي كمية الملح الشائع الموجودة في الـ 6.2 كيلو متر مكعب من ماء النيل التي دخلت البحيرة كانت مساوية لتلك الكمية من الملح الموجودة في الـ 2.5 كم مكعب التي كانت تتدفق سنويا عائدةً من البحيرة إلى النهر، بمعنى أن مياه البحيرة لابد أنها قد احتوت على 2.5/6.2 - أو لنقل مرتين ونصف - ضعف نسبة الملح الشائع في مياه النيل الداخلة إلى البحيرة. وحيث أن نسبة الملح الشائع المذاب في مياه النيل الداخلة إلى البحيرة لابد أنها كانت ضئيلة جدا (متوسط النسبة في الحجم الكلي لمياه النيل التي تتدفق سنويا قبالة القاهرة حاليا هي حوالي 12جزء في المليون، ومتوسط النسبة في الحجم الكلي للمياه المتدفقة خلال الشهور الثلاثة "أغسطس وسبتمبر و أكتوبر" عندما يكون منسوب النيل في أعلى مستوياته ضئيلة بمقدار 8 أجزاء في المليون) [17]، فلابد أن البحيرة قد ظلت شديدة العذوبة، وبالتالي فقد أدت لاحقا بشكل رائع وظيفة مكان مثالي لتربية وإنتاج أسماك النيل التي دخلت إليها.

ننتقل الآن إلى دراسة الإرسابات التي لابد أنها قد كونتها بحيرة موريس خلال الـ1600عام أو أكثر من تاريخ وجودها. وهذه الإرسابات تتضمن فئتين؛ الأولي: تتألف من الرمال والطمي الناعمين اللتين لابد أنهما قد انتشرتا على أرضية البحيرة متخذة شكل الدلتا، كنتيجة لترسب المادة العالقة الناعمة التي كانت

تُحمل سنويا إلى البحيرة عن طريق مياه الفيضان. والثانية: تتألف من الرمال والحصى والأصداف التي تجمعت واتخذت شكل شاطئ حول سواحل البحيرة بفعل الرياح.

فيما يتعلق بإرسابات الطمي والرمال الناعمة التي تراكمت في قاع البحيرة، فإنهما بلا شك قد مثلتا نسبة كبيرة من سُمك طمي النيل الذي يشكل حاليا الأرض القابلة للزراعة بالفيوم. من السهل أن نبين أنه لو أن كل مياه النيل التي دخلت للبحيرة قد احتوت على نفس متوسط نسبة المادة العالقة المساوية لمتوسط النسبة التي احتواها النيل في مروره قبالة القاهرة خلال الشهور من يونيو إلى نوفمبر في الوقت الحالي- أي أن وزنها حوالي 800 جزء في المليون - ولو أن ثلاثة أرباع المادة العالقة التي حملت بالتالي إلى البحيرة قد ترسبت على أرضيتها (الربع الباقي يُحمل عائدا إلى النيل عن طريق التدفق العكسي)، فلابد أن الرمال والطمي قد تراكمت على المساحة البالغة 2000 كم مربع أو نحو ذلك من أرضية البحيرة حتي بلغ متوسط سمكها ما يزيد على متر ونصف في غضون الـ1600 سنة أو نحو ذلك التي انقضت فيما بين عصر امنمحات و بداية عصر البطالمة. وبالطبع فإن الإرساب يحدث بغزارة كبيرة في المكان الذي تزداد فيه سرعة التيار المتدفق عند دخوله إلى البحيرة. ومن ثم، من الصواب أن نستنتج أن سمك الطمي المترسب من بحيرة موريس ربما كان مقداره ثلاثة أو أربعة أمتار في المكان المحيط بمصب القناة الواصلة بين البحيرة والنيل، ويقل لنحو نصف متر في الأماكن الأكثر بعدا في البحيرة. وهذا يتوافق على نحو مُرضٍ مع ما هو معروف عن إجمالي سُمك طمي النيل في الفيوم، والذي – حسب رأي سير ويليام ويلكوكس(18)– نادرا ما يتعدى 4 أو 5 أمتار، وعامةً ما يكون أقل من ذلك بكثير، لأن بالطبع جزءا من هذا السُمك الكلي يجب أن يُعزى إلى الإرساب عن ماء الري الذي كان يغمر الاراضي في الفترة بين العصور البطلمية وعصرنا الحالي، وأن جزءا آخر يُعزى إلى الإرساب من مياه النيل الذي دخل للمنخفض قبل الفترة التي وسّع فيها أمنمحات القناة الواصلة بين البحيرة والنهر.

فيما يتعلق بالإرسابات الشاطئية التي تكونت حول شواطئ بحيرة موريس، فأعتقد انه من المؤكد – من الناحية العملية – أنها تمثلها الضفة المميزة المعروفة باسم "جسر الحديد" التي تمتد لمسافة قدرها حوالي 50 كيلو متر حول الجانب الغربي من منخفض الفيوم. وقد قمت مؤخراً بفحص شريط طويل من هذه الضفة بصحبة مستر ر. إ. جوبينز من مصلحة المساحة الجيولوجية المصرية، الذي كان يجري دراسات مفصلة عن جيولوجية ذلك الجزء من الفيوم. من الواضح أن هذه الضفة عبارة عن شاطئ شكلته الطبيعة في صورة بارزة واستثنائية، وأنه أصغر عمرا بكثير من ذلك الشاطئ الذي يعود لأواخر العصر الحجري القديم و الذي يعد بارزا أيضا في المنطقة؛ حيث على الرغم من أن الضفة تتساوى في الارتفاع تقريبا (حوالى 23 مترا فوق سطح البحر) مع ذلك الشاطئ الأقدم عمرا، فإنها تقع في الأساس في مكان أقرب لمركز المنخفض بحوالي مائة متر أو أكثر، وقد تأثرت بدرجة أقل بالنحات و التعرية، وهي قد شُقت بالعرض عن طريق خطوط الصرف في مواضع قليلة، وبالتالي يمكن تتبعها مثل جسر خط سكة حديد عريض ومنبسط يمتد لمسافات طويلة بلا انقطاع. وكذلك فإنها من ناحية التركيب تختلف بوضوح عن الشاطئ المنتمي للعصر الحجري القديم، لأنها تحتوي على الرمال بقدر أكثر وأقل تماسكاً، حتى غطاؤها الحصوي مختلف، حيث يتكون في الغالب من شظايا مسطحة متآكلة بفعل المياه من الحجر الجيري القابل

للتفتت، بالإضافة إلى نسبة صغيرة جدا من حصى الصوان الداكن بشكل أكثر من محتوى الحصى في ذلك الشاطئ الأقدم عمرا.

في أماكن عديدة على المرء فقط أن يحفر أو يكشط مقدار بوصة أو بوصتين من سُمك الغطاء الحصوي الموجود في أعلى الضفة لكي يقدر على إزالة حفنات من الأصداف الجميلة المحفوظة الصغيرة، المختلطة مع الرمل المفتت تحتها. إن مجموعة الأصداف الموجودة في الضفة يجب دراستها بشكل كامل، لكن العديد من الأفراد لا يزالون يحتفظون بلوحات ملونة لها، وكل ما تم دراسته منها حتى الآن يبدو أنه ينتمي إلى أنواع تعيش في النيل حاليا. لم يتم العثور حتى الآن على أدوات من حجر الصوان في موقع الضفة، لكنَّ شظايا وقطعاً من الفخار وجدت مطمورة فيها، وهذه القطع تؤكد على العصر المتأخر المقارَن الذي تكونت فيه، على الرغم من أن العينات التي تم جمعها حتى الوقت الحالي لم تمدنا بالتاريخ الدقيق. أما الغياب الواضح لأي إرسابات شاطئية مماثلة حديثة في الجزء الشمالي من المنخفض - والذي أدى بكل من كاتون طومسون وجاردنر أن تنبذا وصف هيرودوت لبحيرة موريس – ربما يكون في اعتقادي قابلاً للتفسير بواسطة الانحدار الشديد السرعة للقاع في ذلك الاتجاه وبواسطة التأثير الواقي للتلال خلال هبوب العواصف.

أما الهضبة الصغرى – التي تمتد لحوالي مئة كيلو متر مربع ويصل متوسط مستواها حالياً لحوالي 23 متر فوق سطح البحر – التي قامت عليها مدينة كروكوديلوبوليس القديمة والتي تقع عليها حاليا مدينة الفيوم الحديثة، كانت بالطبع منتصبة ومرتفعة وجافة على امتداد الـ 1500 سنة تقريبا ما بين عصر أمنمحات (عندما كان يصل أقصى منسوب للبحيرة سنويا إلى حوالي 19 متر في المتوسط) وعصر هيرودوت (عندما وصل أقصي منسوب للبحيرة إلى حوالي عشرين متر تقريبا). لكن على امتداد هذه الفترة كانت الهضبة تحت منسوب النيل العالي والذي بلغ فيما بعد – كما وضحنا من قبل - حوالي 23 ونصف متر فوق مستوى سطح البحر في عصر أمنمحات، وحوالي 24.8 متر في عصر هيرودوت. وبالسماح لمستوى هذه الهضبة بالارتفاع عن طريق تراكم الطمي المترسب بنفس المعدل الذي كان يتراكم به الطمي في الأرض الغرينية لوادي النيل، أي بحوالي 1.3 متر بين عصر أمنمحات وعصر هيرودوت، وبإضافة 2.2 متر أو نحو ذلك فيما بين عصر هيرودوت وعصرنا الحالي؛ فلابد أن الهضبة قد انتصبت بمقدار حوالي 3.5 متر تحت منسوب النيل العالي ولحوالي 1.5 متر فوق أعلى منسوب للبحيرة خلال الـ1500 سنة بأكملها، وبذلك كان من السهل على امتداد تلك الفترة ريُّها بتدفق حر من النهر، وكذلك كان يتم التصريف منها بنفس درجة السهولة عن طريق تدفق حر إلى البحيرة.

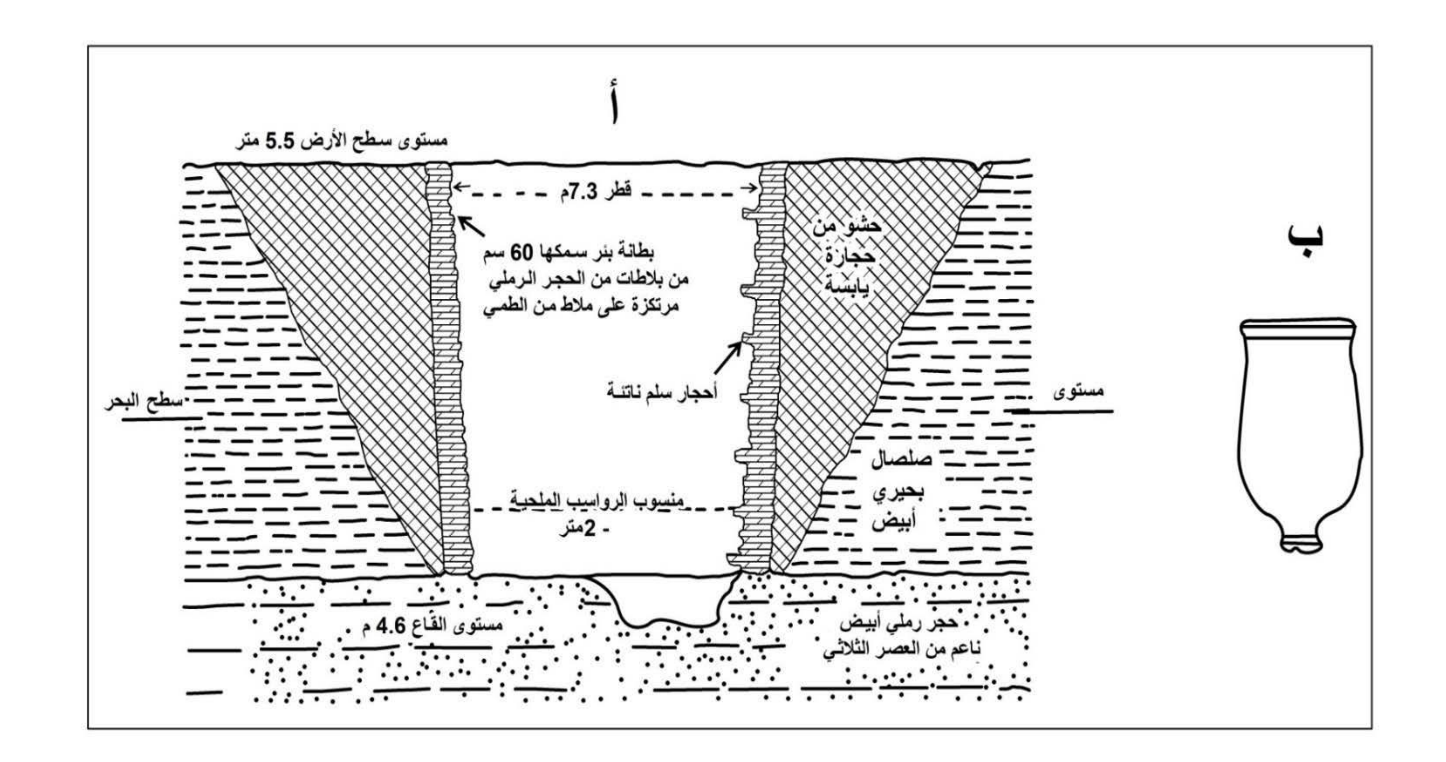
وفي الواقع، قد نصوِّر القناة التي شقها أمنمحات وهي تمر قبالة كروكوديلوبوليس بمثل مرور بحر يوسف اليوم أمام مدينة الفيوم وبأنها لا تعمل فقط كمخرج لمياه فيضان النيل الزائدة إلى البحيرة، بل كمصدر ري للهضبة التي قامت عليها مدينة كروكوديلوبوليس أيضا. وهذا بالطبع لابد أنه قد تضمن نسبة صغيرة (حوالي 2 في المئة) من المياه التي خرجت من النيل عن طريق القناة لكونها سُحبت لأغراض ري الهضبة، لكن حيث إنه - حتى من هذه النسبة الصغيرة - قد ذهب جزء منها في نهاية المطاف إلى البحيرة في صورة مياه صرف؛ فقد اقتنعتُ تماما بإهمالها في العمليات الحسابية السابقة الخاصة بمناسيب البحيرة.

الفيوم وبحيرتها في العصر البطلمي

تبدو بحيرة الفيوم وقد ظلت عند منسوب 20 مترا أو نحو ذلك، وأنها استمرت على اتصال حر مع النيل، منه وإليه، لحوالي 150 سنة أو أكثر بعد أن زارها هيرودوت. لكن في الفترة الباكرة من العصر البطلمي – ربما خلال الفترة الأخيرة من حكم بطليموس الأول (323-285 ق.م) - بدأ منسوب البحيرة في الانخفاض، وبحلول عام 280 ق.م تقريبا انخفض لحوالي مترين تحت مستوى سطح البحر، فهناك دليل واضح أن آلات رفع المياه كانت تُستخدم لرفع المياه الباطنية من هذا المستوى تقريبا حتى سطح الأرض في محيط الركن الشمالي الشرقي من البحيرة خلال الفترة الباكرة من حكم بطليموس الثاني. وفي سياق أبحاثهما في الفيوم عام 1928، اكتشفت كاتون طومسون ومس جاردنر عند مسافة 6 كيلومترات تقريبا في الجهة الشمالية الشرقية من بحيرة قارون الحالية، بئراً دائرية من الحجارة المرصوصة، قطرها حوالي 7 أمتار وعمقها حوالي 10 أمتار. وكانتا قادرتين على التحديد الدقيق لتاريخ إنشائها حيث وجدتا عملة فضية تعود للفترة الباكرة من عصر بطليموس الثاني في محجر يقع على بعد 150 مترا، والذي من الواضح أنه كان مصدر الأحجار الرملية التي صُفّت بها جدران البئر.

في شكل (24) يوجد مقطع رأسي لهذه البئر الذي رسمتُهُ من الوصف الذي ذكرتاه مستكشفتاه في كتابهما "صحراء الفيوم"، والذي سنرى فيه أن مستوى قاع البئر كان حوالي 4.6 متر تحت سطح البحر.

عندما اكتُشفت البئر لأول مرة، كانت مليئة بالغرين والرمل الذي حملته الرياح. وبإزالتها من البئر عُثر على كميات من قطع من جذور الكروم مطمورة فيها عند أعماق تبدأ من 3 متر تحت السطح نزولا إلى أسفل، كما عثر على حوالي 15 جرة من الطين في الغرين الصلب بالقرب من قاع البئر، وهي جرار من ذلك النوع الذي لا يزال يستخدم في كل بقاع مصر كأحد مكونات السواقي – أو آلات رفع المياه – ومعظمها في حالة مهشمة. وعند حوالي 2.5 متر فوق أرضية البئر، أي عند حوالي 2 متر تحت سطح البحر، تميزت بطانة البئر (جدرانها الداخلية) بوجود قشرة من الملح، وهي تبين بوضوح المستوى الذي كانت تستقر عنده المياه لفترة زمنية طويلة داخل البئر. وبناءً على طبيعة بطانة البئر (بلاطات من الحجر الرملي موضوعة في ملاط من الطين)، فمن الجائز أن البئر لم تستطع الاحتفاظ بالمياه عند مستوى أعلى من مستوى التشبع في الأرض حولها، ونظرا لأن هذا المستوى من التشبع سيتماثل بلا شك بدرجة دقيقة جدا مع مستوى سطح البحيرة المجاورة،



شكل32

مقطع عرضي من بئر ساقية في عصر بطليموس الثاني تقع على بعد 1 كم تقريبا من الركن الشمالي الشرقي لبركة قارون.

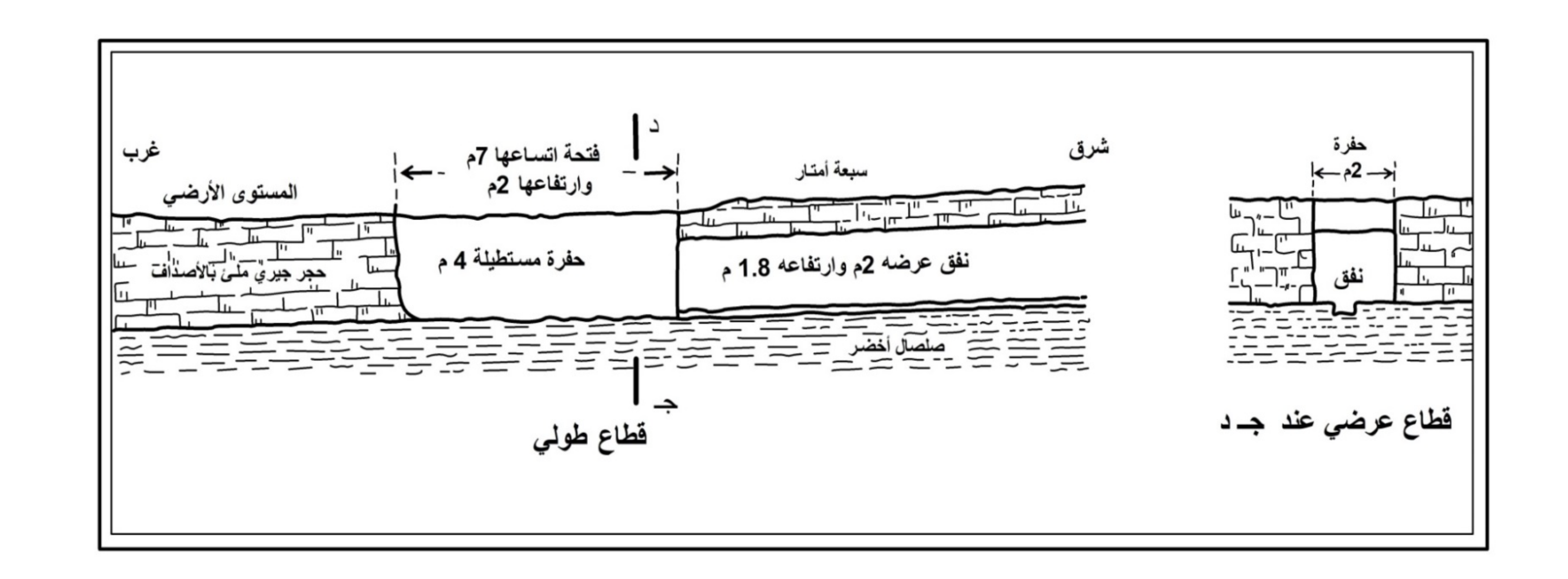
أحد الجرار الـ15 المصنوعة من الطين التي عثر عليها في البئر (موقع بئر الساقية هذا موضح في الخريطة التصويرية

فيمكننا الاستنتاج أن منسوب البحيرة في الفترة التي كانت فيها الساقية في طور الاستعمال كان حوالي مترين تحت سطح البحر. وعلى مسافة 700 متر تقريبا شمال غرب بئر الساقية الذي وصفناه للتو، اكتشفتا الباحثتان حفرة مقاسها 7 أمتار في مترين بأبعاد عرضية، وعمقها حوالي 3 أمتار، شُقت في صخرة من الحجر الجيري مليئة بالأصداف تمتد على صلصال أخضر اللون، مع نفق تحت الأرض طوله حوالي 34 متراً، وعرضه حوالي متران، وارتفاعه 18 متر يؤدى إلى الحفرة بميل طفيف إلى أسفل، وبدايته حفرة مفتوحة في جهة الشرق.

يعرض شكل (32)، لمقطعين يبينان الحفرة والجزء الطرفي من النفق الذي يؤدى إليها. من الناحية العملية، يبدو لي أنه من المؤكد أن هذه الحفرة لا بد أنها قد شُقت أيضا لرفع المياه من جوف الأرض بواسطة عجلة دائرية فارسية، حيث إنها إن كانت قد حُفرت لمجرد القيام بوظيفة بئر عادية، فما كانت هناك ضرورة لأن يكون أحد أبعادها العرضية شديد الاتساع بمقدار سبعة أمتار. من الواضح أن الغرض من عمل النفق كان الوقاية من حدوث تسريب من سطح مائي أكبر حجما، بدرجة أكثر مما يمكن تحقيقه في الحفرة نفسها، وهو أداة كان يلجأ إليها المهندسون كثيراً في العصور اليونانية الرومانية في أماكن أخرى في مصر، في الواحات وفي أماكن عديدة على امتداد ساحل البحر،على سبيل المثال.

سيلاحظ من المقطع أن مستوى الماء في هذه الحفرة كان 5 أمتار تقريبا فوق البحر بدلا من 2 م تقريبا تحت سطح البحر كما كان في بئر الساقية الذي وصفناه آنفا. ومن ثم، من الأرجح أن هذه الحفرة قد شُقت قبل بئر الساقية ببضع سنوات في فترة لم يصل فيها بعد منسوب البحيرة المنخفض إلى مستوى سطح البحر، وأنه عندما توقف إمداد الحفرة بالماء نتيجة لأن البحيرة قد زاد انخفاضها، فقد تعطلت الحفرة وتم بناء بئر الساقية.

من الجائز أن الانخفاض العظيم في منسوب البحيرة (من 20 متر تقريبا فوق سطح البحر إلى حوالي مترين تحته) الذي حدث في بداية العصر البطلمي لم يكن نتيجة انخفاض في منسوب النيل، لأن لدينا الأدلة القوية في وادي النيل و الدلتا أن منسوب النهر في مصر الوسطى و السفلى كان يرتفع ببطء منذ بداية فجر التاريخ. فيبدو من المرجح (خاصة عندما نضع في اعتبارنا استنتاجات بروفيسور مهافي من بردية بتري التي أشرنا إليها في مطلع هذا الفصل) أنه بحلول بداية العصور البطلمية لم تعد هناك أية حاجة لعمل مخرج لهذه النسبة الكبيرة من مياه فيضان النهر، كما كان الحال في الماضي، من أجل توفير حماية لأراضي مصر السفلى، وأن بطليموس الأول عندما أدرك هذا، اقتنع بفكرة استصلاح جزء من المساحة المنغمرة من الفيوم عن طريق خفض منسوب الماء في البحيرة، وقام بجعل هذه الفكرة محل التنفيذ عن طريق بناء قنطرتين؛ الأولى: بالقرب من اللاهون لمنع دخول مياه النيل إلى القناة المؤدية إلى المنخفض، والأخرى: في مكان ما وراء نطاق مدينة كروكوديلوبوليس للحفاظ على منسوب المياه عند ارتفاع وافٍ لإمداد أراضي الهضبة بمياه الري (عند مستويات كانت تبلغ حينئذ حوالي 21.5 متر فوق سطح الأرض) التي كانت تنتصب عليها هذه المدينة.



شكل33: مقطعان لحفرة مستطيلة وللجزء الطرفي من نفق حُفر في الصخر عند حوالي 700 متر شمال غرب البئر الموضحة في شكل32

وفي اعتقادي، أنه من المحتمل أن جزءاً كبيراً من السد القديم الذي لازال يحيط بمدخل قناة الهوارة بالقرب من اللاهون، والذي لا يزال يُعتقد حتى الآن أن أمنمحات قد شيده ، ربما يمثل في الواقع إحدى القناطر التي شيدها بطليموس الأول لأنه – بقدر ما كنتُ قادرا على الفحص والتأكد – لا يوجد ثمة دليل فعلى يؤرخ لهذا السد قبل العصر البطلمي، وكما بينّا بالأعلى، فإن قنطرة عند مدخل القناة ستكون بالكاد ضرورية لتنفيذ غرض بطليموس.

وفي الحقيقة، كما أشار سير هانبراي براون[19] فإن مخطط ووصف سد اللاهون (أنظر شكل34) يدلان بقوة على أنه قد أنشئ في فترتين زمنيتين مختلفتين، حيث أن طوله كان سيبلغ ثلاثة أضعاف طوله الحالى لو أنه قد أنشئ في خط مستقيم عبر الفجوة بين التلال. إن السبب في مخططه ووضعه الإنشائي الخاص يبدو واضحا في الحال إن أفترضنا أن الجزء الشمالي من السد (أي الجزء المعروف الآن باسم جسر جدالا) قد أنشأه أمنمحات في فترة تكوُّن بحيرة موريس، وأن الجزء الجنوبي (المعروف الآن باسم جسر البهلوان) قد بناه بطليموس عندما باشر إعادة استصلاح الفيوم. إن بناء سد عبر شريط الأرض المسطح فيما بين التلال التي ينتصب عليها هرم اللاهون والأرض المرتفعة لجبل أبو صير يبدو أنهما كانا يمثلان معياراً شديد المنطقية حتى يتخذهما أمنمحات ليتأكد أن كل مياه بحر يوسف القادمة من الجنوب ستنحني في اتجاه الغرب ناحية الفيوم بدلا من ذهابها مباشرة أسفل وادي النيل؛ بينما بالنسبة لبطليموس كان معيار منطقيا سواء بسواء أن يشيد سداً آخر في سفح التلال على الجانب الغربي من الفجوة ليصله بالسد الآخر الموجود بالقرب من اللاهون، وبذلك يكون قد طوَّق بالكامل مدخل الفجوة باستثناء فتحة واحدة بها سد و سياج عند موقع منظّم اللاهون حالياً أو بالقرب منه. وعندما اكتمل هذا العمل لم يعد بالطبع ثمة حاجة للسد الأقدم أن يمتد حتى يصل إلى جبل أبو صير، بل يمتد حتى النقطة القريبة من اللاهون حيث يتصل بها السد الجديد. ومواد البناء التي كانت موجودة في الجزء الباقي من السد الأقدم - الذي لم يعد له وجود حاليا – ربما قد استُعملت في بناء السد الأحدث.

فيما يتعلق بالفترة التي استغرقها خفض منسوب البحيرة في العصر البطلمي من 20 مترا فوق سطح البحر إلى مترين تحت سطح البحر، فإنها لا يمكن أن تكون أقل من 12 سنة، فتلك هي المدة المطلوبة لانخفاض سطحها بمقدار 22 متراً عن طريق التبخر فقط، بافتراض أن التبخر كان يحدث بمعدله في العصر الحالي البالغ 180 سنتيمتر في السنة، وكذلك لا يمكن أن تكون الفترة أكبر من 40 سنة تقريبا لو أنَّ خفض البحيرة قد بدأ تحت حكم بطليموس الأول واكتمل في الفترة الباكرة من حكم بطليموس الثاني. وبالطبع، فإن المدة الزمنية الفعلية التي استغرقها الخفض تعتمد على المعدل الذي كانت المياه تتدفق به إلى البحيرة وقتها. في جدول (74) نجد نتائج الحسابات التي أجريتها فيما يتعلق بالفترات الزمنية السنوية التي استُغرقت في خفض منسوب البحيرة، بافتراض الأحجام المختلفة من المياه التي دخلت إلى البحيرة كل سنة، وأن التبخر الذي حدث من سطحها كان بمعدل 1.8 م في السنة.

من غير الراجح أن بطليموس كان قد كبح التدفق إلى البحيرة بشكل تام، وليس ذلك لأنه لابد من الاحتياج لبعض المياه من النيل كل عام لأغراض ري هضبة كروكوديلوبوليس وأن الصرف منها لابد من الطبيعي أن يخرج إلى البحيرة فقط، بل لأنه كان لايزال من المرغوب أيضا – خاصة في سنوات الارتفاع

الشديد لمنسوب النيل – السماح بخروج جزء من مياه فيضان النهر إلى البحيرة. قد نكوِّن فكرة ما عن أحجام مياه الصرف التي قد يُتوقع أنها قد تدفقت إلى البحيرة، بافتراض أن كمية المياه المطلوبة لري الأراضي في أي سنة ستعادل طبقةً يصل سُمكها إلى 1.5 متر فوق المساحة التي ستُروى في تلك السنة، وأن ثلث هذه الكمية سيدخل إلى البحيرة في نهاية المطاف في صورة مياه صرف، وهي نسب تماثل تقريبا النسب العملية الفعلية في ري أراضي الحياض بصعيد مصر في الوقت الحالي. عند بداية الخفض، كانت الأرض التي ستُروى من القناة هي تلك الأراضي على هضبة كروكوديلوبوليس، أو لنقل حوالي 100 كم مربع، وتتطلب سنويا حوالي 0.15 كم مكعب من مياه الري من النيل، وينتج عنها حوالي 0.05 كم مكعب من مياه الصرف تذهب إلى البحيرة. وعند نهاية الخفض، تضاءلت مساحة البحيرة من 2100 كم مربع إلى 970 كم مربع، أي أن حوالي 1230 كم مربع من الأرض قد جفت. فإن افترضنا أن ثلثي هذه المساحة، أو 820 كم مربع، قد صارت أرضا زراعية؛ فإن المساحة الكلية التي ستكون قد رُويت عند نهاية الخفض قد زادت بمقدار 920 كم مربع، أي أنها تتطلب سنويا حوالي 1.38 كم مكعب من مياه الري من النيل، وسينتج عنها حوالي 0.46 كم مكعب من مياه الصرف التي ستذهب إلى البحيرة. وبذلك فإن متوسط كمية مياه الصرف التي تذهب سنوياً إلى البحيرة خلال فترة الخفض قد تقدَّر على نحو تقريبي بأنها كانت حوالي 0.25 كم مكعب. وإن افترضنا – بالإضافة إلى مياه الصرف هذه – أنه في المتوسط قد خرج كيلو متر مكعب واحد من مياه الفيضان الزائدة مباشرةً من النهر إلى البحيرة؛ فإن متوسط التدفق الكلي السنوي إلى البحيرة خلال فترة الخفض كان حوالي 1.25 كم مكعب، وبالتالي فإن الفترة نفسها كانت حوالي 30 سنة.

إن الأراضي التي جفت نتيجة لخفض منسوب البحيرة في العصر البطلمي - والتي وصلت مساحتها لحوالي 1200 كم مربع - كانت في معظمها أرضا على درجة عالية من الخصوبة، حيث إنها في سياق انغمارها لفترات زمنية طويلة قد أصبحت مغطاة بإرسابات من طمي النيل الغني. وبالتالي، فقد نتج عن ذلك اتساع عظيم في النشاط الزراعي بالفيوم، وزيادة كبيرة في كثافتها السكنية.

أُنشئت الفيوم كإقليم مدني عمراني تحت اسم نومة أرسينوي، بجانب كروكوديلوبوليس، التي أعيد تسميتها باسم أرسينو، على شرف زوجة بطليموس الثاني وجُعلت عاصمة الفيوم، وأُنشئ عدد كبير من المدن الأخرى مثل: فيلادلفيا، باكخياس، كرانيس، سوكنوبايوس نيسوس، ديونيسياس، فيلوتيريس، يوهيمريا، ثيادلفيا، تيبتينوس.

يعد اسم المدينة البطلمية "سوكنوبايوس نيسوس" (جزيرة الإله التمساح) مثيرا للاهتمام، حيث يشير إلى أنه في الوقت الذي انشئت فيه تلك المدينة، كان الموقع الذي قامت عليه جزيرةً في البحيرة أيضا، أو لم يكن كذلك لفترة زمنية طويلة. أطلال تلك المدينة – المعروفة الآن باسم ديمية - تقع على ما يطلق عليه الآن "البر الرئيسي" عند مسافة تقدر بحوالي 2.5 كم من شاطئ بحيرة قارون. لكن الاطلال تحتل قمة تل – صخرة ترتفع لحوالي 20 متر فوق سطح البحر – بينما مستوى الأرض حول التل وفيما بينه وبين شاطئ البحيرة حاليا لا يتعدى حوالى 16 متراً.

ومن ثم، فإن التل الصخري الذي شيدت عليه المدينة لا بد أنه كان جزيرة في بحيرة موريس لمدة 1600 سنة قبل العصر البطلمي، حيث – كما رأينا – أن منسوب بحيرة موريس قد تذبذب سنوياً فيما

بين 16.5 م و 19 م في عصر أمنمحات، وما بين 17.8 م و20 م في عصر هيرودوت. وبعد بدء خفض منسوب البحيرة مباشرة في العصر البطلمي، صار التل بالطبع جزءا من البر الرئيسي، لكن الاسم الذي كان معروفا به من قبل قد أُطلق على المدينة التي أنشئت عليه فيما بعد.

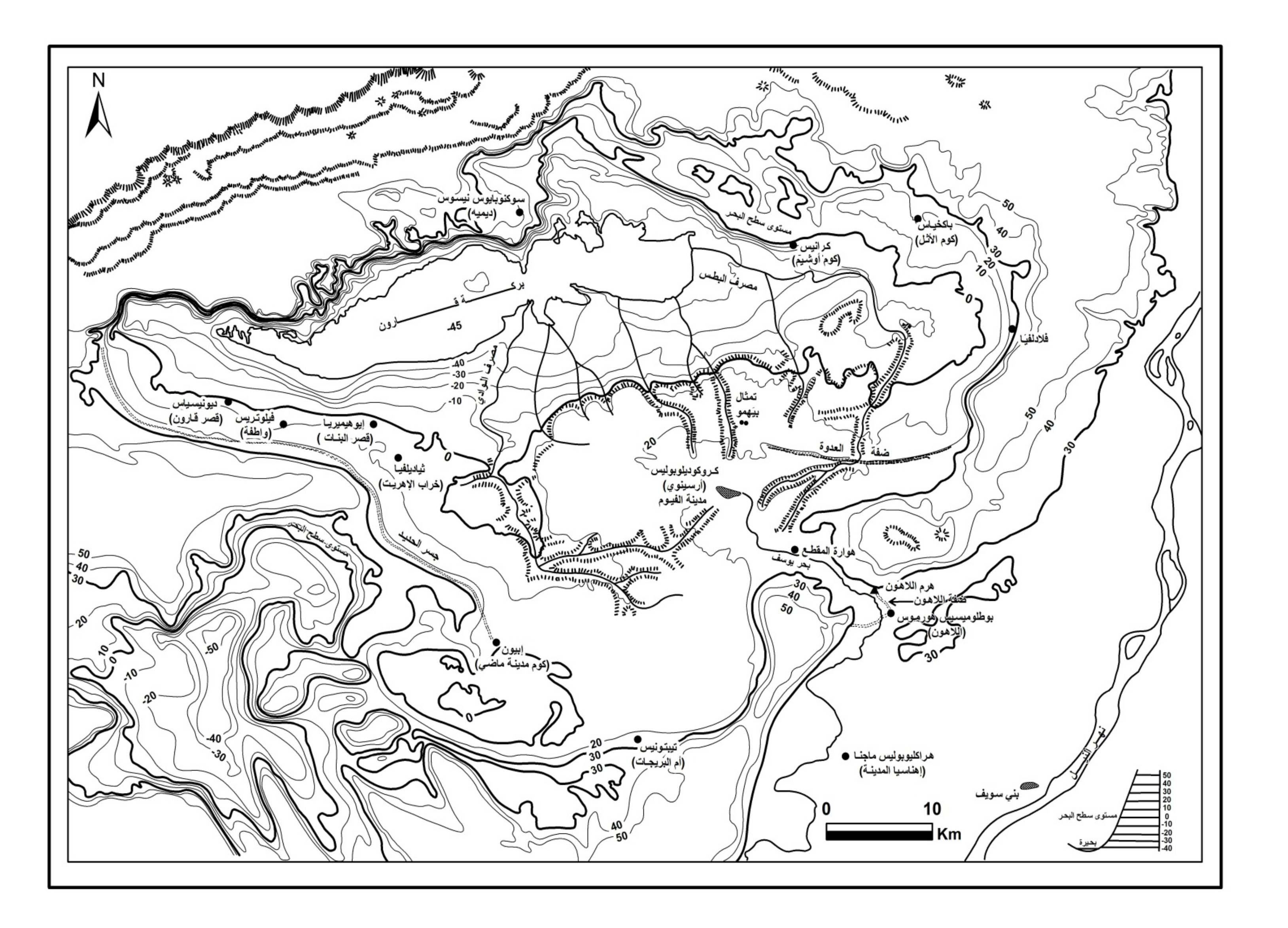
وحيث أن مواقع كل المدن البطلمية التي ذكرت آنفا تقع عند مستوى سطح البحر أو فوقه (شكل 34)، ولا يبدو أن أي مراكز عمرانية (مستوطنات) بطلمية قد تم العثور عليها عند مستويات أعلى من متر أو نحوه تحت مستوى سطح البحر، فقد يبدو من المحتمل أن منسوب البحيرة قد ظل مستقراً عند مترين تقريبا أو نحوه تحت مستوى سطح البحر حتى نهاية العصور البطلمية تقريباً. وخلال المدة الزمنية التي حافظت فيها البحيرة على هذا المنسوب - بافتراض أن التبخر كان يحدث بالمعدل الحالي - فلا بد أن البحيرة كان يُصب فيها سنويا حوالي 1.6 كم مكعب في المتوسط من المياه القادمة من النيل، كتدفق مباشر من ناحية، ومن ناحية أخرى في صورة مياه صرف ناتجة عن الأراضي المروية. سيلاحظ أن هذا المنسوب البالغ 2 م تحت سطح البحر هو نفس المنسوب الذي استقرت عنده البحيرة فيما مضى لمدة طويلة جدا فيما بين نهايات العصر الحجري الحديث وعصر الأسرات الوسيط، ومن ثم فإن الشاطئ المميَّز عند هذا المستوى – على الرغم من أنه تكوَّن في العموم في الفترة من أواخر العصر الحجري الحديث الأخير حتي عصر الأسرات الباكر – ربما اكتسب مظهره النهائي خلال العصر البطلمي.

يمكننا تشكيل صورة غير مكتملة عن القنوات التي توزعت بها مياه النيل - التي دخلت إلى الفيوم في العصور البطلمية - على الأراضي التي استُصلحت من البحيرة. ولكون نظام الفيضان أو ري الحياض النظام الوحيد المعمول به في ذلك الوقت، فلا شك كان دخول المياه إلى المنخفض مقتصرا تقريبا على موسم ارتفاع منسوب النيل، والقنوات المطلوبة لتوزيع المياه لم تكن بمثل هذا العدد الكبير المطلوب لنظام الري الدائم المعمول به حاليا. ومن المحتمل أن الجزء الاكبر من مياه الري في إقليم الفيوم في العصر البطلمي قد تدفق على امتداد نفس القنوات المماثلة لمصرف الوادي ومصرف البطس في عصرنا الحالي، وكانت المياه توجِّهها القنوات الجانبية والقنوات الرئيسية الأخرى إلى الاحواض. وبلا ريب، فقد سارت القنوات الرئيسية على الخطوط الأصلية للمصارف السطحية الطبيعية إلى البحيرة عندما انخفض منسوب الأخيرة، وكان العمل الرئيسي لمهندسي الري في ذلك العصر هو تحسين أداء تلك القنوات عن طريق بناء سدود عند الضرورة، وكان حفر القنوات الجانبية يَقتطع من هذه القنوات وكذلك التسوية والعمليات الأخرى المطلوبة لعمل الاحواض.

كانت عمليات التسوية وعمل السدود المطلوبة لتشكيل الأحواض وحفر القنوات لنقل مياه الري تستغرق وقتا بالطبع، ومن ثم فإن الاحتياجات للمزيد من المياه – التي ذُكرت في بردية بترى من بين خطابات كيلون مدير أعمال الري في عصر بطليموس الثاني – ربما ترتبط بحفر المزيد من القنوات لنقل الامدادات المتاحة إلى الاراضي المستصلحة حديثا، ناهيك عن ارتباطها بالنقص في إجمالي كمية المياه التي كانت تدخل إلى المنخفض وقتها. في فترة استصلاح الأراضي من البحيرة، كانت القنوات الرئيسية بالطبع أقل عمقا بكثير عما صار عليه عمقُها فيما بعد، وكان منسوب المياه فيها خلال موسم الفيضان في بادئ الأمر مساويا لمستوى الأراضي المتاخمة تقريباً. لكن بمرور الزمن، فإن فعل التحات للمياه المتدفقة بميل حاد نسبيا (يصل لحوالي 1م لكل 1000م في القناتين الرئيسيتين) سيعمل بالتدريج على تعميقها، وسيصبح

من الضروري في نهاية الأمر إما أن تُشق القنوات الجانبية لتأخذ مستلزماتها عند نقاط أعلى مسار القنوات الرئيسية، أو أن تُبنى سدود عبر القنوات الرئيسية بحيث تحتجز مناسيب المياه عند النقاط اللازمة لأخذ المياه.

لم يكن الري في الفيوم في العصور البطلمية مقتصرا على الأراضي جنوب البحيرة كما هو الحال اليوم، حيث أن كاتون طومسون وجاردنر قد اكتشفتا في عام 1928 - في سياق أعمالهما البحثية في القسم الشمالي من المنخفض – آثارا لعدد من قنوات الري تعود إلى العصر البطلمي، والتي لابد – بناءً على موقعها – أنها كانت تؤدي إلى شمال المنطقة التي كانت تشغلها البحيرة وقتئذٍ. وسيتضح توزيع ومستويات هذه القنوات – والتي هي في العموم من 2 - 8 م عرضا ومن نصف متر إلى مترين عمقا – بدرجة أفضل بالنظر إلى شكل (35)، والتي رُسمت بناءً على الخريطة التي أدرجتْها كاتون طومسون ومس جاردنر في كتابهما "صحراء الفيوم"، مع إضافة أرقام تشير إلى مستويات القاع عند نقاط عديدة على امتداد مسارات القنوات كما قيست من المقاطع المذكورة في نفس الكتاب. وبينما يمكن على وجه اليقين اعتبار أن القنوات هي في الحقيقة قنوات للري، فإن هناك القليل من الشك بخصوص كيف كان يتم امدادها بالماء. كانت كاتون طومسون ومس جادرنر تميلان للاعتقاد أن جميع تلك القنوات كانت جزءا من نظام واحد تمدُّه قناة وردان القديمة. لكن مجرى قناة وردان نفسها لم توجد له آثار في نطاق عشرة كيلو مترات أو أكثر في المنطقة المحيطة بها، وبالنظر إلى الترتيب غير المترابط للقنوات وتعدد مستوياتها على امتداد مساراتها؛ فإنني أعتقد أنه من الأرجح بدرجة أكبر أنها كانت تُمد بالمياه الجوفية الناتجة عن التسرب من البحيرة وارتفعت إلى السطح عن طريق السواقي أو آلات رفع المياه الأخرى...وهو افتراض تدعمه حقيقةُ أن بئر الساقية في العصر البطلمي والحفرة والنفق (الموصوفين في الصفحات السابقة) كلها تقع في جوار القنوات مباشرة، وكذلك عبارةُ النابلسي – التي سوف أشير إليها لاحقا – أن السواقي كانت تُستخدم لري الأراضي في القسم الشمالي من البحيرة حتى حلول القرن الثالث عشر الميلادي.



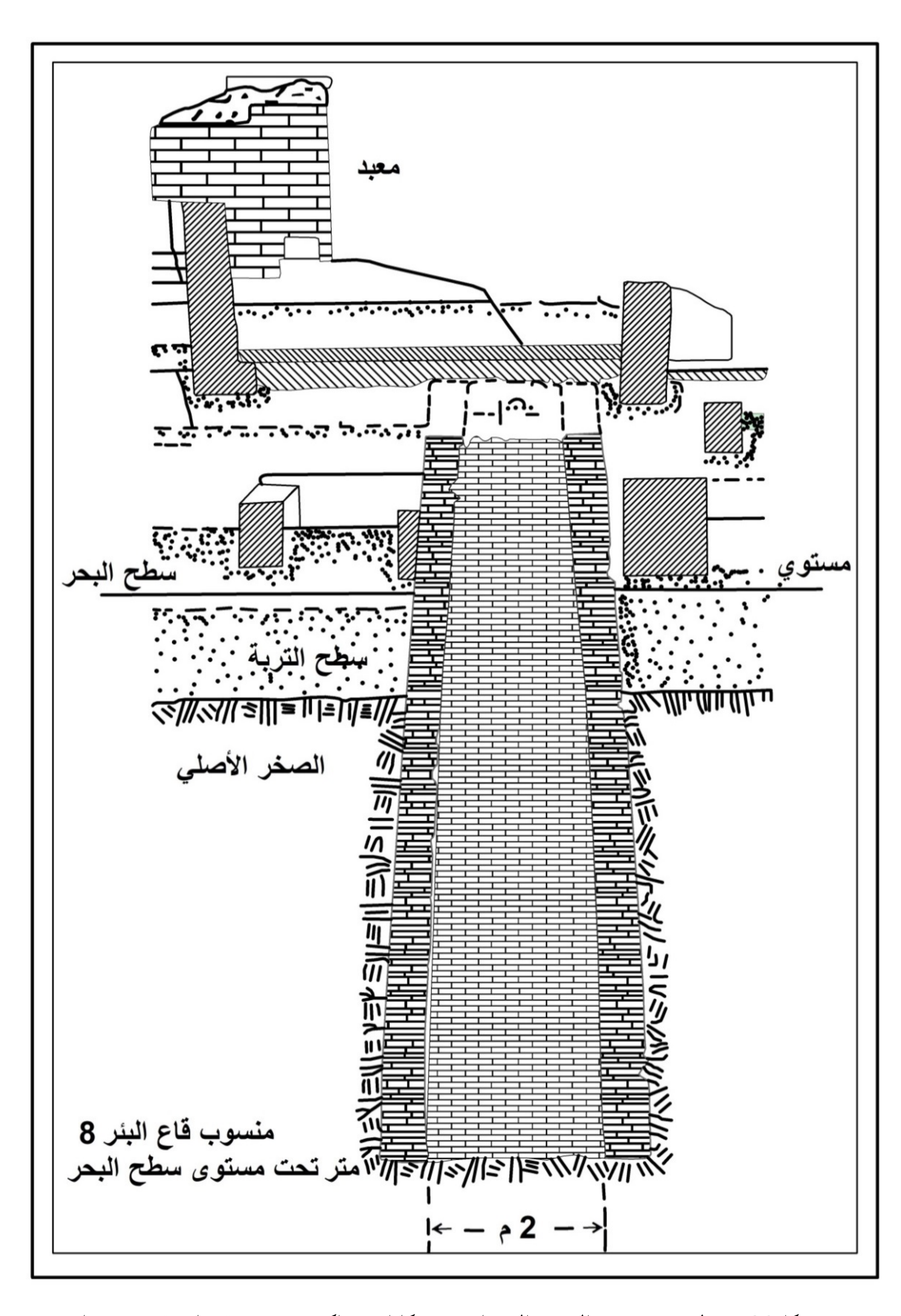
شكل34: خريطة الفيوم موضحا عليها مواقع المدن البطلمية

الفيوم وبحيرتها في العصر الروماني

في العصر الروماني (30 ق. م – 385 م) خضع منسوب بحيرة الفيوم للمزيد من الانخفاض. وفي سياق أعمال التنقيب في كرانيس عام 1929 – 1930، اكتشفت بعثة جامعة ميتشيجان الأثرية – بالقرب من معبد نيفيروس وبيتسوخوس الصغير – ممرا رأسيا مبطنا، حيث نرى مقطعا طوليا له مقتبسا من تقرير جامعة ميتشجان[20] في شكل 36. هذا الممر – الذي كان متخذا شكلا دائريا ومبطنا بأحجار مسطحة خشنة مثبتة في بلاط من الطمي – تناقص محيطه تدريجيا من حوالى مترين عند القاع وصولا إلى متر واحد تقريبا عند قمته، وكان عمقه حوالى عشرة أمتار. والستة أمتار السفلى بدءا من العمق حُفرت في الصخر، وكان قاع الممر عند حوالي 8 أمتار تحت سطح البحر. وبرغم من أن مكتشفيه قد أطلقوا عليه اسم "صهريج"، فإنني أعتقد أنه قد لا يكون ثمة شك، بناء على أبعاده وعلى طبيعة تبطينه، أن ذلك الممر يمثل في الواقع بئراً كان قد حُفر من أجل الحصول على إمدادات من المياه.

ونظرا لأنه ليس من الراجح أن الحفر في الصخر قد امتد لأكثر من متر تحت مستوى التشبع، فإنه يبدو من المنطقي أن نستنتج أن مستوى التشبع في الصخر – وبالتالي منسوب البحيرة المجاورة – كان حوالى 7 أمتار تحت سطح البحر في الفترة التي كان يُستخدم فيها البئر. وبناءً على الأدلة الأثرية، اعتبر علماء بعثة ميتيشجان ذلك الممر الرأسي أنه قد شُيّد في أواخر القرن الأول الميلادي أو بدايات القرن الثاني، وأنه ظل مستخدما حتى أواخر القرن الثاني أو بدايات القرن الثالث الميلادي. ومن ثم، فقد نستنتج أنه خلال القرن الثاني الميلادي قد ظل منسوب البحيرة ثابتا عند 7 أمتار تقريبا تحت سطح البحر. وفيما بعد لا بد أن منسوب البحيرة قد زاد انخفاضه بدرجة أكبر بكثير، حيث عُثر على بقايا مستوطنات رومانية عند مستويات أكثر انخفاضا. إن المنسوب الفعلي الذي انخفض إليه سطح البحيرة في نهاية المطاف خلال الفترة الأخيرة من العصر الروماني يعد مشكوكا فيه إلى حد ما، لكن موقعا لم يتم التنقيب فيه بعد عند تل الرصاص – الواقع تحت سطح البحر بحوالي 36 م تقريبا بالقرب من الطرف الشرقي لبركة قارون - من المحتمل جدا أنه كان موقعا لمستوطنة رومانية، و في تلك الحالة بالطبع لا بد أن البحيرة قد انخفضت لمنسوب 36م على الأقل تحت سطح البحر في غضون العصور الرومانية.

شكل35: خريطة تصويرية توضح قنوات الري البطلمية في الشمال الشرقي من بركة قارون، وكذلك موضع بئر الساقية الموصوف في شكل 32 والحفرة والنفق الموصوفيْن في شكل 33 الارقام المكتوبة على امتداد القنوات تشير إلى مستويات القاع بالأمتار تحت سطح البحر.



شكل36: مقطع من بئر من العصر الروماني عند كارانيس اكتشفته بعثة جامعة ميتيشجان.

هذا الانخفاض الإضافي للبحيرة قد يكون ناتجاً عن تضاؤل آخر في تدفق مياه النيل السنوي إليها، بمثل ما ينتج عن تراكم الغرين التدريجي في القناة التي تدخل عبرها مياهُ النيل إلى المنخفض، ويبدو أن هناك سببا يحملنا على الاعتقاد أن هذا التراكم ربما حدث خلال تداعي النفوذ الروماني في القرن الثالث الميلادي. ويسجل جرينفيل وهانت[21]– من الدلائل التي وفرتها عمليات الحفر الأثرية واسعة النطاق التي قاما بها في الفيوم عام 1892 – أن ازدهار ورخاء إقليم الفيوم كان في ذروته بداية من حكم بطليموس فيلاديلفوس حتى القرن الثالث الميلادي، لكن في القرن الثالث فإن الفيوم "لم تأخذ نصيبها في التدهور العام الذي أصاب مصر فحسب، بل بسبب اعتمادها الفريد من نوعه على طرق خاصة ودقيقة للري فقد عانت من هجمات من الصحراء بدرجة أكبر من الأقاليم الأخرى في وادي النيل". بينما "شهد القرن الرابع هجرًا كامل أو شبه كامل لمدن باكخياس، فيلادليفا، والمواقع الأخرى على بحر وردان وبحر طامية التي أصبحت الحد الشرقي للفيوم، وفي القرن نفسه خرِبت يوهيمريا والمواقع الأخرى في الركن الشمالي الغربي... حتى كرانيس وتبتونيس، اللتين ظلتا على المنحدرات الزراعية، وانكمشت حدودهما وصارت مساحتهما أقل بكثير عما كانت عليه" .

الفيوم وبحيرتها في العصر الوسيط

في فترة الغزو العربي (639 – 641 م) كان من الواضح أن الفيوم إقليم ذو أهمية كبرى، حيث سُجل في الروايات التاريخية أن العرب لم ينجحوا في محاولتهم الأولى لدخولها، ولم يستطيعوا الاستيلاء عليها في نهاية الامر إلا بمذبحة عظيمة[22]. وفي عام 919 م غزاها الفاطميون، الذين مع ذلك طُردوا من مصر في السنة التالية ولم ينجحوا في إعادة الاستيلاء على حكم البلاد حتى عام 969م [23].

لدينا وصف مثير للاهتمام عن الفيوم وبحيرتها في القرن الثالث عشر دونه شاهد عيان في"كتاب تاريخ الفيوم"، وهو تقرير قدمه إلى السلطان الأيوبي الصالح نجم الدين (1240 – 1252 م) أميرٌ من الشام اسمه "أبو عثمان النابلسي"، الذي كان حاكما للفيوم في عامي 1245 – 1246. [24] في تلك الفترة لم يكن إقليم الفيوم مكونا فقط من منخفض الفيوم نفسه وترعة الهوارة، بل كان يتضمن أيضا شريطا من الأراضي في غرب وادي النيل أعلى وأسفل اللاهون، حيث أدرج النابلسي "سدمنت" و "طما" و"الحمَّام" في قائمة مدن وقرى الفيوم. كان داخل نطاق منخفض الفيوم نفسه 22 مدينة كبيرة وحوالي 80 مدينة وقرية أصغر حجما، بالإضافة إلى عدد من القرى الاخرى هجرها أهلها.

لاتزال معظم المدن والقرى التي وصفها النابلسي موجودة، بالرغم من أن بعضها قد غاب عن الوجود حاليا [25]. في ذلك الوقت – كما هو الوضع الآن – كانت مدينة الفيوم هي المدينة الرئيسية في الإقليم ومركز للحكم المحلي، وقد أفرط النابلسي في ثنائه على بساتينها الفخمة، والتي لم تكن تقتصر على أشجار الكمثرى والتفاح والتمر والعنب المزروعة بوفرة عظيمة فحسب، بل احتوت أيضا على العديد من أشجار الخروب والتوت والأزهار والورود الاخرى ذات الروائح الطيبة والتي كانت تُصنع منها العطور.

كان البدو يمثلون الغالبية العظمى من سكان الفيوم في ذلك الوقت، وقد سرد النابلسي قائمة طويلة بأسماء القبائل التي كانت تشغل مدنها وقراها المختلفة. وبصرف النظر عن إعجابه بجمال وفتنة

نباتات الفيوم، فإن النابلسي كان له رأى سلبي عن الفيوم وأهلها، فيبدو في رأيه الخاص انه كان دائما يقارن بينها وبين وطنه الشام، لصالح وطنه. ومع ذلك، فإنه كان شديد الاهتمام بهيدروغرافية الاقليم، وكرَّس جزءا كبيراً من كتابه لدراسة وتناول نظام الري به. كانت تتفرع من بحر يوسف – الذي كان يسمي وقتئذ بحر المُنْهَى– قناتان رئيسيتان، وكلتاهما كانتا تصرفان مياههما في بحيرة قارون. كانت القناة الجنوبية – التي كان اسمها بحر الطنبطاوية – تترك بحر المُنْهَى فوق بحر العزب، وتنحني بشكل دائري إلى الغرب في طريقها إلى البحيرة، بينما القناة الشمالية – التي كانت تسمي بحر وردان – تترك بحر المُنْهَى قُبالة القناة الجنوبية تقريبا وتتدفق في منحنى دائري إلى الشمال حتى تصل إلى البحيرة. وبجانب هاتين القناتين الرئيسيتين كان هناك العديد من القنوات الأصغر، كتب النابلسي أسماء بعضها.

ويبدو أن الماء المستخدم لري الأراضي كان يجب أن يُرفع بدرجة كبيرة من القنوات بواسطة السواقي لأن النابلسي يخبرنا في وصفه لقرية "طما" التي تقع في وادي النيل أنها كانت "تُروى من النيل وليس بالسواقي مثل أراضي الفيوم"، وفي وصفه لمدينة صغيرة تسمى "دموه الداثر"، والتي أعيد بنائها بعد أن كانت خربة مهجورة، يذكر أن أراضيها كانت تُروى في جزء منها من النيل مثل تلك المدن في وادي النيل، "وفي جزء آخر كانت تروى بالسواقي مثل قرى الفيوم".

وبإحساسه بالأسى لأن الكثير من قطع الأراضي في الفيوم كانت عامرةً بالسكان في الماضي ثم خربت وهجرت في عصره نتيجة لفشل إمدادات المياه، يكتب النابلسي أنه نتيجة للإهمال أو للاضطرابات السياسية، عانت القنوات وجميع أعمال ووسائل الري من الاهمال "خلال الـ 2600 سنة الماضية".

يشير أحمد زكي بك في تعليقه على هذه الجملة في بحثه المشار إليه بالحواشي السابقة أنه لم يكن هناك أي مجال للشك بخصوص أن الـ 2600 سنة هو العدد الذي ذكره النابلسي فعليا عن عدد السنوات، حيث إنه قد كتبه بالحروف والكلمات بأكملها، في مخطوطة القاهرة وفي طبعة الأستانة منوهًا أن هذه النقطة تحتاج إلى توضيح. إنني أعتقد أن تفسير دلالة الرقم الذي ذكره النابلسي إما لدى النابلسي نفسه أو أن أحد مصادره قد تعرَّف على كتابات هيرودوت وعلم بالتقريب عدد السنوات التي قد انقضت منذ زيارة المؤرخ العظيم إلى مصر، حيث أن هيرودوت قد كتب أنه قد أُخبر أن الملك موريس الذي شيد البحيرة قد توفى قبل زيارته لمصر بأقل من 900 عام، وتلك الزيارة كانت عام 450 ق. م تقريبا، وهذا يشير بالتقريب إلى أن تاريخ تكوُّن البحيرة الشهيرة كان حوالى عام 1350 ق. م، وكانت الفترة الفاصلة بين ذلك التاريخ فترة حكم النابلسي للفيوم (عام 1245 م) هي بالضبط 2600 سنة.

كتب النابلسي أنه كان في عهده قول مأثور وشائع بين الناس أن الفيوم كانت في أحد الأزمنة بحيرة كبيرة المساحة، وأن النبي يوسف - الذي كانت تساعده الملائكة – قد جففها وجعلها قابلة للسكنى، وعلى الرغم من أن النابلسي قد اعتقد أنها مجرد اسطورة شعبية حيث أنه لا توجد أي علامة أو أثر يبين هذه الحقيقة أو حتى عكسها، فإنه ينوّه أنه مهما كانت هوية من شق بحر المُنْهَى لأول مرة فلابد أنه كان مهندسا ذكيا إذ اعتمد في عمله على حسابات شديدة الدقة، فقد صمم القناة بحيث أن مياهها قد تدفقت قبالة اللاهون بقوة كافية قامت بالتطهير التلقائي لإرسابات الغرين.

وفيما يتعلق بتناقص إمدادات المياه الذي حدث قبل فترة حكم النابلسي للفيوم؛ فإنه يقرر أنه عند النقطة التي كان بحر المُنهى يقتطع إمداداته المائية من النيل – بين الأشمونين وديروط - كان هناك تدفق في الماضي للمياه من النهر متجهاً نحو القناة خلال فترة تقدر بثمانية شهور في السنة، وأنه على الرغم من أن القناة كانت جافة في فترة الأربعة أشهر المتبقية من السنة، فإنها قد تلقت إمدادات كافية عن طريق ترشح المياه على إمتداد باقي مجراها، للحفاظ على تدفق كبير الحجم نحو الفيوم....لكن عند حلول فترة حكمة للفيوم، تراكم الغرين في القناة بدرجة كبيرة حتى أنها كانت تتلقى الماء مباشرة من النيل خلال أربعة شهور في السنة فقط وأن كميات المياه التي دخلت إليها عن طريق الترشيح خلال الثمانية أشهر الباقية لم تكن كافية للوفاء باحتياجات الفيوم. ولكن تلك لم تكن الحقيقة الواقعة فقط، لكن نتيجة لإهمال صيانة القناة فيما وراء نطاق اللاهون، ضاع الكثير من المياه التي كانت بطريقة أخرى متاحة لري الفيوم خلال موسم الفيضان، وذلك بسبب خروجها عبر الثغرات والصدوع إلى الشمال، ونشأ تناقص آخر في الإمدادات التي كان يمكن استخدامها في أراضي الإقليم بسبب أن القنوات الفرعية قد سدَّها جزئيا الغرين والرمال التي ذرتها الرياح.

يلقي النابلسي باللائمة في هذا الوضع الذي آلت إليه الأمور على حكام الفيوم السابقين؛ حيث - بالنظر إلى السجلات القديمة للمصاريف الرسمية في الاقليم - وجد أنه لم يكن سجل لأي بند أو أموال صُرفت على صيانة القنوات على امتداد فترة قوامها ما يزيد على مائة سنة.

تعد ملاحظات النابلسي بخصوص قناطر اللاهون ذات أهمية خاصة؛ حيث أنها تمكننا من تكوين فكرة عن الطرق التي كانت متَّبعة فى العصور القديمة لتنظيم كميات المياه الداخلة إلى الفيوم. على الرغم من أن المسألة فى عصره أصبحت تتركز فى جلب مياه كافية إلى الاقليم، فلا بد أنه فى العصور الأقدم كانت بالأحرى تتركز فى كبح التدفق لكى يُخفض منسوب البحيرة القديمة وبالتالي تُستصلح الأرض الناتجة عن تجفيف قاعها، حيث يبدو من غير المعقول أن أي غرض آخر بخلاف هذا الكبح يمكن تنفيذه بتشييد ذلك الجزء من سد اللاهون الذى يمتد من اللاهون نفسها إلى سفح التلال الصحراوية التي تحيط بقناة الهوارة من الجنوب، ويبدو من المرجح أن الإنشاءات التي كانت موجودة في زمن النابلسي - التي كان يمر خلالها بحر المُنْهَى عبر السد عند فتحته - ربما كانت تلك التي بُنيت أساسا لكبح تدفق المياه إلى المنخفض. إن وصف النابلسي لتلك الإنشاءات غير واضح، وفى الحقيقة فإنه قد وصفها بالكاد بدون أن يضيف للنص مخططاً مرسوماً ومقطعاً لها، لكن بناءً على ما سرده لنا في كتابه فإنني أعتقد أننا قد نستنتج على نحو صائب أن الفتحة عبر السد كانت مبطنة بشكل جيد وكان يمتد فوقها سد ضخم، كان الجزء المركزي منه مسنَّنا بحيث يشكل سياجا، وبالتالي كان تنظيم تدفق المياه في الأساس تنظيماً أوتوماتيكيا، بينما كانت القناة فوق السياج خالية من إرساب الغرين بفعل مواسير للتنظيف كانت تمر عبر السياج أو عند قاع القناة تقريبا.

نذكر هنا ما كان على النابلسي أن يقوله عن القنطرة (السد). بنيت هذه القنطرة من الأحجار المرصوصة بعناية ومربوطة بمفصلات وكُلابات من الرصاص والحديد. وقد سمع من أشخاص موثوق بهم أن قاع القناة أعلى اللاهون كان به رصيف من الأحجار الصلبة المصقولة والتي لم تكن تسمح بتسرب نقطة واحدة من المياه من خلالها. عند نهاية هذا الرصيف، وأسفل مستوى السياج كان هناك أنبوبان من

الرصاص يسمحان بمرور المياه المحتوية على الرمال والغرين، وبالتالي فقد كانت تساهم فى الحفاظ على صفاء القناة من الإرسابات أعلى السياج. لكن نتيجة للإهمال، انسدت هذه المواسير وارتفع قاع القناة بسبب تراكم إرسابات الغرين، وغمرت المياه الضفتين وانسابت حتى المنخفض المجاور ومنه عادت إلى النهر. من ثم، جزء صغير فقط من الماء الذي كان مقررا للري قد انساب إلى الفيوم، وبلغت القنطرة سبعة أذرع فوق قاع القناة بدلا من 15 ذراعا كما كان عليه الحال قبل أن يرتفع قاعها. وخلال الفيضان كان باستطاعة القوارب الملاحة بحُريَّة أعلى وأسفل القناة، لكن بانخفاض منسوب المياه، نشأ السد مع فتحة كان بمقدور المياه المرور خلالها، و كان يشيد كل عام جسرٌ مؤقت أعلى هذه الفتحة مصنوع من جذوع النخيل والقش ومغطى بالطين، بحيث كان من السهل للمرء عبوره بسهولة من إحدى جانبي القناة إلى الجانب الآخر عند ذهابه من اللاهون إلى قاى.

يحكى النابلسي أنه في عام 1224م، رغب الأمير فخر الدين – الذي أقطعه السلطان الملك الكامل الفيوم كهدية – في أن يعيد إقليم الفيوم إلى رخائه الذي كان عليه؛ فاستشار الأشخاص الذين جاءته توصيات عنهم لكفاءتهم وأهليتهم في ذلك الشأن، وبناءً على نصيحتهم فقد شرع في تطهير بحر المُنْهَى. بدأ الأمير بقطع الأشجار التي كانت نامية على ضفتي البحر لكي يوسع قاعه، لكن النتيجة الوحيدة لذلك العمل كانت فقدان جمال المنظر الذي كان يدخل البهجة إلى النفس وفقدان الظل الظليل الذي كانت توفره تلك الأشجار. فنصحه مستشاروه برفع منسوب المياه عند مبنى سد اللاهون، لكن ذلك قد تسبب في إرساب كميات هائلة من الرمال مكونةً جزيرة ظهرت للعيان مع انخفاض منسوب المياه والتي كانت تسد القناة تماما كل عام في شهر مايو. فحينئذ أمر الأمير الرجال بشق الرمال في هذه الجزيرة بحيث تتكون قناة على كل جانب منها، لكنهم لم ينجحوا إلا في الحفاظ على القنوات على عرضٍ قدره بضعة أذرع وعمق وصل بالكاد إلى ذراعين.

وفي حالة من اليأس، استشار الأمير آخرين أوصوا بشق فتحة ثانية فى بحر المُنْهَى من ناحية النيل، نزولاً مع مجرى الفتحة الأولى التي كانت موجودة وقتها، بحيث تتم تغذية القناة عند مدخلين بدلاً من مدخل واحد، لكن عندما تم هذا وُجد أن معظم المياه التي دخلت للقناة عن طريق الفتحة القديمة قد تدفقت عائدة إلى النهر عبر الفتحة الجديدة. ولحسن الحظ، فإن النيل نفسه قد أصلح مصدر الضرر بأن ملأ الفتحة الجديدة بإرساباته في غضون سنتين. بعد ذلك اقتنع الأمير بأن يغرق عددا من السفن في النيل عند موضع يسمح بتكوُّن نتوء خارج من الضفة والذي سيعمل على انحراف المياه ومن ثم يجعلها تتدفق بقوة إلى الفتحة الأصلية للقناة، لكن المكان قد أسيء اختياره، وشق النهر لنفسه ممراً عبر النتوء محوِّلاً إياه إلى جزيرة وأفسد النتيجة التي كانت مرجوَّة. اعتقد النابلسي نفسه أن أفضل طريقة لزيادة إمداد الفيوم بالمياه هي إغلاق كل القنوات الفرعية التي كانت تأخذ المياه من بحر المُنْهَى أعلى اللاهون، وإصلاح الفتحات في ضفاف القناة أسفل اللاهون.

فيما يتعلق بتحسين القنوات الموزعة للمياه في اقليم الفيوم، يخبرنا النابلسي أن السلطان نجم الدين (1240 – 1250م) عندما رغب فى أن يضيف دَفعة وحافزاً جديدين للفيوم، فقد حفر قناة تأخذ مياهها من بحر المُنْهَى وتعبر الإقليم عرْضيا من الشرق إلى الغرب، وبذلك تقسمه إلى جزئين متساويين. تم عمل 58 فتحة على امتداد هذه القناة الجديدة، 23 فتحة منها كانت على الناحية الجنوبية، 30 على

الناحية الشمالية، و5 عند نهاية القناة، وبهذه الطريقة لا تفقد أية كميات من المياه ويمكن الوفاء باحتياجات كل الأراضي على امتداد مجرى القناة. يذكر النابلسي أيضا أنه هو بنفسه قد فعل أفضل ما في وسعه لكي يقنع أهالي الفيوم بإعادة تشغيل بعض القنوات القديمة وإعادة استغلال بعض المساحات الزراعية التي هُجرت فى الماضي، لكنه لم يجازف ببذل الكثير من الضغط الرسمي بخصوص تلك المسألة عن طريق بث الخوف في الناس الذين طلب منهم ذلك، خشية أن يتركوا الفيوم جميعا، وسيكون العلاج بالتالي أسوأ من المرض نفسه.

ويبدو أن بركة قارون كان لها نفس الامتداد والمنسوب في القرن الثالث عشر الميلادي اللذين تشغلاهما حاليا، حيث يذكر النابلسي أنه لكي يعبر البحيرة من طرف إلى الطرف الآخر فسيحتاج لمسيرة تعادل امتطاء صهوة حصان ليوم واحد، وساعتين لعبورها من شاطئ إلى الشاطئ الاخر بالقارب. كانت البحيرة أيضا معروفة باسم بحيرة الانتاج السمكي – أو بحيرة السمك – وقد اعتبرها النابلسي واحدة من عجائب الطبيعة والفن. وهو يصفها بانها فى الواقع تعد الحوض الذي تصب فيه كل مياه الفيوم في موسم الفيضان، ويقرر ان المياه التي تتدفق فيها تكون عظيمة المقدار خلال شهرين من السنة بدون أى زيادة محسوسة فى منسوبها. يقول النابلسي انه كان هناك في الماضي جسر عبر البحيرة يربط بين الضفتين، كما بُني فندق بالقرب من هذا الجسر كان يقود المياه نحو الضفة الشمالية حيث كانت تلك المياه تروي المحاصيل المزروعة على امتداد سفوح التلال. وهذا الخندق قد دمرته أمواج البحيرة، ولكن حتى بعد دماره قد تم الحفاظ على بعض المزروعات عن طريق السواقي التي كانت ترفع المياه مباشرة من البحيرة.

لقد ظلت ساقية واحدة فقط من تلك السواقي موجودة في عصر النابلسي. ويقول إن أنواع الاسماك التي عاشت في البحيرة كانت شديدة التنوع لدرجة انه كان من المستحيل بالنسبة له ان يكتب قائمة كاملة لها. كان موسم انخفاض منسوب النيل يتميز على الخصوص بغزارة الانتاج السمكي. وكان هناك 30 قارب صيد في البحيرة. ويؤكد النابلسي لنا أنه رأى سمك الشبوط خارجا من البحيرة نحو مجاري المياه حتى وصل إلى دعامات جسر ابن الفحل بمدينة الفيوم، وأنه قد صيد عند ذلك المكان بغزارة لدرجة أن خمسة قناطير منه كانت تباع بتسعة دراهم فقط. يخبرنا النابلسي أنه في شتاء 1245 – 1246 هبت عاصفة شديدة على البحيرة، نتج عنها تجمد مياهها لدرجة انها تسببت في نفوق شديد للأسماك التي تراكمت أجسامها الميتة على شواطئ البحيرة. من بين تلك الأسماك كانت هناك أسماك ضخمة من نوع الفرخ تشبه النوع البحري الكبير، والتي انجرفت نحو الشواطئ وكونت ما يشبه سداً حول البحيرة. إن المسئول عن إدارة شئون القناة – والذي وثق النابلسي في صدق كلامه- قد أكد أنه ظل يتتبع شواطئ البحيرة ليوم كامل ووجد أن السمك يتراكم في أربع درجات، الدرجة الأولى – التي امتدت على طول البحيرة الكلى – كانت تتكون من سمك الفرخ الضخم، والثانية من البلطي، والثالثة من الشبوط النيلي، والرابعة من سمك القط. والسمك النافق – الذي خرج منه ما يشبه مجاري صغيرة من الزيت وتدفق إلى البحيرة، قد التهمته الوحوش البرية والطيور القمّامة.

الصرف الجوفي من بركة قارون في الماضي

الفيوم وبحيرتها في العصر الحالي

سقوط الأمطار

يعد معدل سقوط الأمطار على الفيوم ضئيلا إلى أبعد حد حيث يصل متوسطه لأقل من سنتيمتر واحد في السنة. ويتضح في جدول (75) متوسط المعدل الشهري لسقوط الأمطار بالملليمتر، والمسجل عند محطة الرصد الجوي في شكشوك على الحافة الجنوبية لبركة قارون للسنوات 1928-1935 كاملة.

من وجهة النظر الزراعية، يعد معدل سقوط الأمطار بمثل هذه الضآلة بالطبع لا قيمة له، وكل المطر الذي يهطل على الأرض إما أن يُمتص في الحال أو أن يتبخر، فبالتالي تعتمد الزراعة في الفيوم اعتمادا كليا على إمداد مياه الري من النيل. حتى المطر الذي يهطل علي بركة قارون نفسها ليس له تأثير تقريبا على منسوبها. وبالرغم من أنه من حيث مبدأ عدم إهمال أي عامل معروف وقابل للقياس مهما كان صغيراً؛ فإنني سأتناوله لاحقا عند مناقشة مسألة التوازن بين كميات المياه التي تدخل بالبحيرة وتلك الكميات التي تُفقد منها بالتبخير.

الري

يمد بحر يوسف الفيوم بكل مياه الري اللازمة لها، لكن مجراه – بدلا من أن يأخذ مياهه مباشرة من النهر عند ديروط كما كان الحال حتى عام 1869 تقريبا – يأخذ مياهه الآن من ترعة الابراهيمية والتي هي نفسها تستمد مياهها من النيل عند نقطة جنوب مجرى النهر مباشرة عند قناطر أسيوط. وبدلا من أن كل المياه الداخلة إلى الفيوم تجئ عن طريق بحر يوسف نفسه - كما كان الحال حتى عام 1901 – فهي تدخل للمديرية الآن جزئيا عن طريق بحر يوسف نفسه وجزئيا عن طريق ترعة واصف والتي تستمد مياهها من بحر يوسف عند نقطة تقع جنوب مجرى النهر قليلا عند اللاهون. وبذلك، فهناك الآن فتحتان عبر السد القديم عند مدخل الفيوم (أنظر شكل37) الأولى بالقرب من محطة السكة الحديد في اللاهون والتي يعترضها بحر يوسف، والثانية تقع جنوبا بـ 350م تقريباً، والتي تمر خلالها قناة واصف.

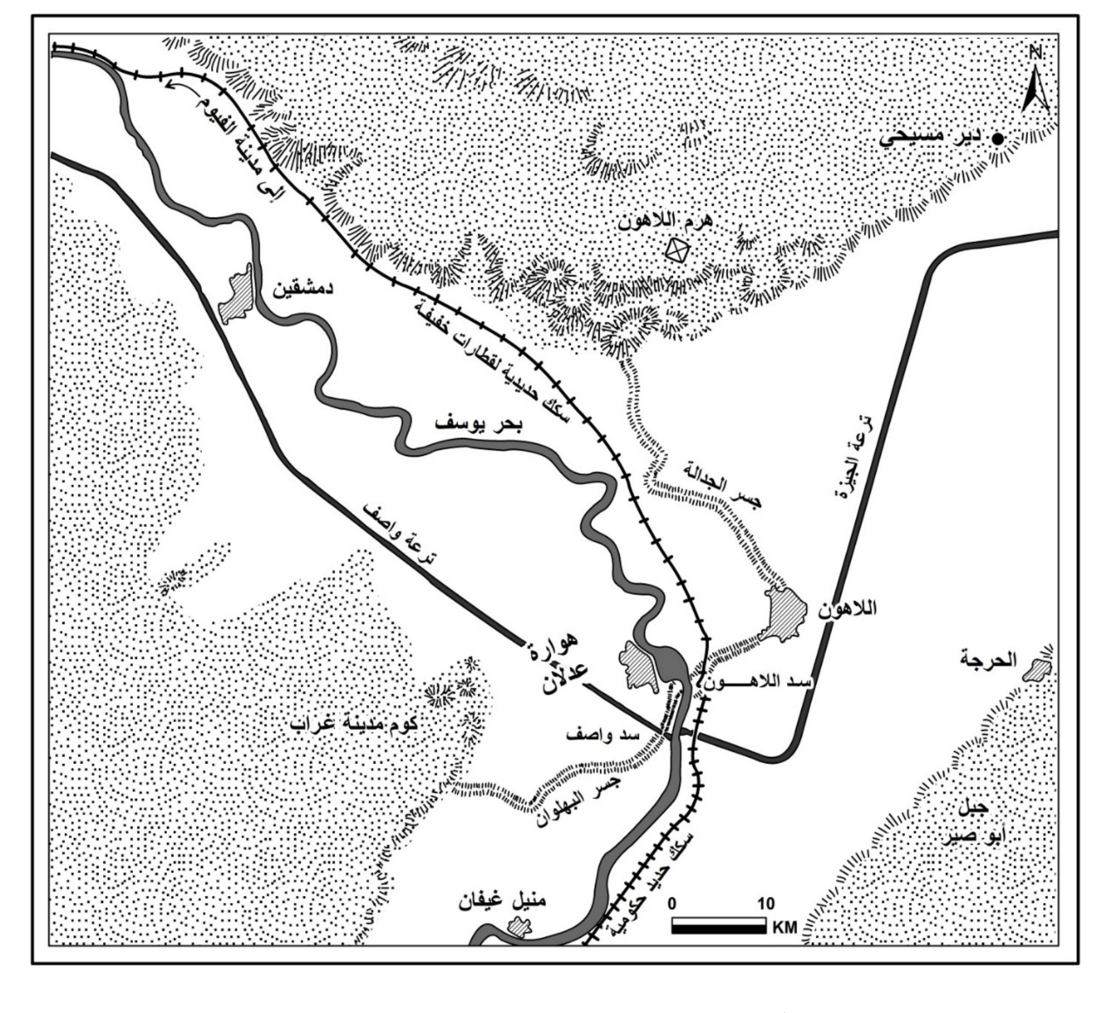
أقيمت على كلتا الفتحتين قناطر للتحكم في تدفق المياه الداخلة إلى الفيوم. وهناك في الحقيقة قنطرتان عند أقرب فتحة من اللاهون، تقع الأولى عند حوالي مئة متر جنوب المجرى من القنطرة الثانية. أدنى تلك القنطرتين - والتي تعترض بحر يوسف بثلاثة أقواس – تعد شديدة القدم. وإنني أرجح أن مجاريها الأساسية تمثل بقايا السد الأصلي والسياج اللذين أقامهما بطليموس الأول أو بطليموس الثاني في فترة إعادة استصلاح الفيوم، وبالتالي فهي ترجع لتاريخ يعاصر الضفة الكبرى. لكن الارتفاع التدريجي لقاع بحر يوسف الذي حدث منذ العصر البطلمي – نتيجة لإرساب الغرين – لابد أنه جعل من الضروري إجراء العديد من التبديل والتغيير في البنية الفوقية (فوق سطح الأرض) من وقت لآخر للحفاظ علي التحكم الفعال في تدفق المياه إلى الإقليم، كما أنها قد خضعت أيضا عدة مرات للإصلاح.

ويسجل لينان دو بلفون[26] أنه في عام 1837 تقوَّضت الأساسات وبليت في الجانب الذي يقع أسفل مجرى النهر لدرجة أنه لتجنب خطر انهيار البناية قد تمت إضافة واجهة متينة من الطوب إليها في الجانب الواقع أعلي المجرى، ولا يزال في الإمكان رؤية البناية القديمة مع هذه الواجهة بالنظر أسفل الأقواس، بالرغم من أنها ليست مرئية بالنظر من أعلى[27].

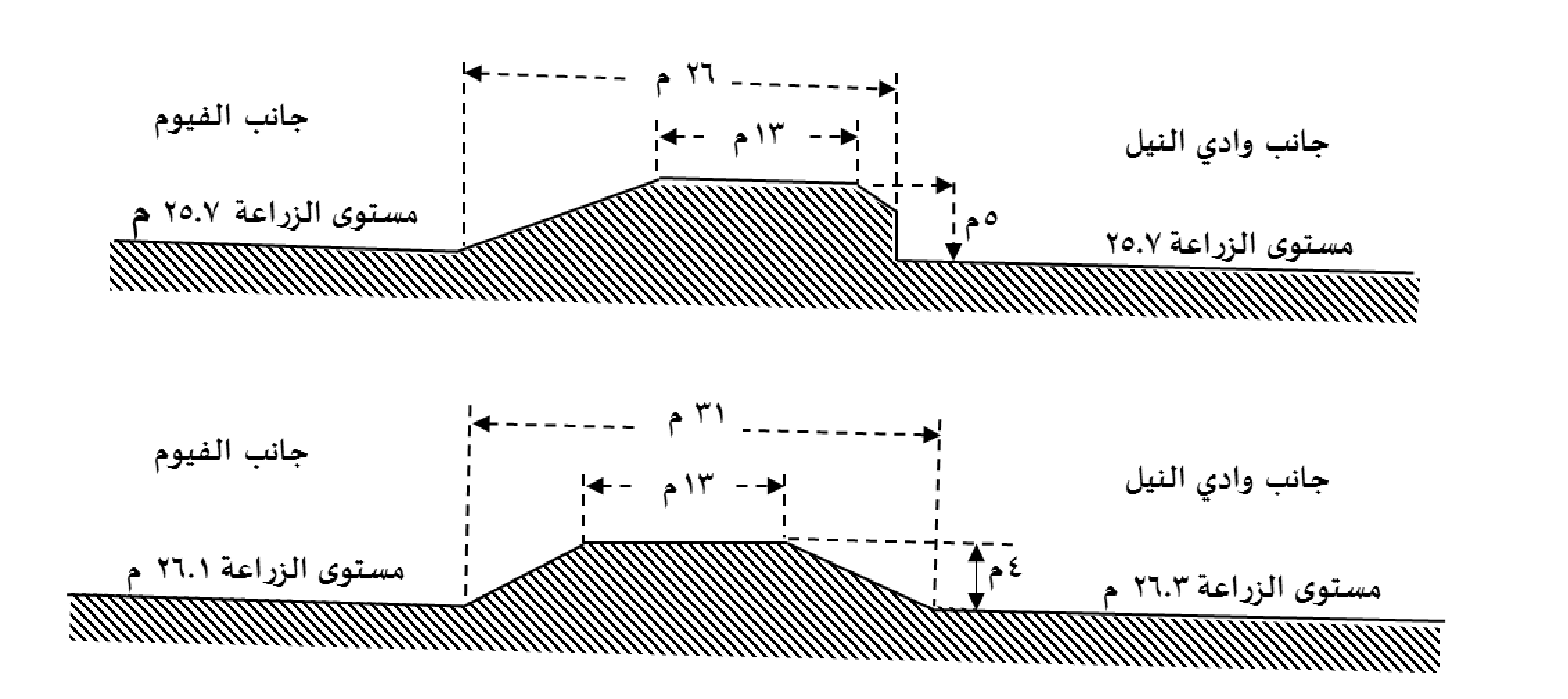
أما قناطر اللاهون الأعلى، والتي مثل سابقتها تعترض بحر يوسف بثلاثة أقواس، والتي يتم عن طريق بواباتها التحكم في تدفق المياه في القناة الداخلة إلى الفيوم الآن، قد شُيدت عام 1842 على مسافة تقدر بحوالي مائة متر من القنطرة الأقدم أعلى المجرى لكي تخفف الضغط جزئياء عن مبنى القنطرة الأقدم، وبالتالي تضاعف التأكيد على الأمان من الآثار المدمرة للفيضانات العالية على الفيوم، حيث إنه كان في الاعتبار أنه في حالة انهيار البناية القديمة للقنطرة - بالرغم من تخفيف الضغط عليها والثبات الزائد لها عن طريق الواجهة التي أضيفت لها - فإن أطلالها كانت ستعمل مع ذلك كحاجز واقي أسفل المجرى يحمي القنطرة الجديدة[28]. ولحسن الحظ، فإن ذلك الانهيار لتلك القناطر القديمة لم يحدث، وهي في الوقت الحالي تؤدي وظيفة تخفيف الضغط على القناطر العليا، حيث على الرغم من أن بواباتها – على عكس بوابات القناطر العليا – مفتوحة الآن بالكامل، فإنها تعوق التدفق إلى حد الإبقاء على منسوب المياه أعلى مجراها بمقدار نصف متر إلى متر واحد.

تعد الطريقة التي توزعت بها المياه الداخلة إلى الفيوم عن طريق بحر يوسف وترعة واصف على أراضي المديرية عن طريق القنوات الفرعية سهلة الفهم بالنظر إلى شكل (39) ، التي تصوِّر فيها القنوات بالخطوط الكاملة، والمصارف بالخطوط المتقطعة. سيلاحظ أن بعض القنوات الموزعة مطوّقة، حيث تأخذ المياه من القنوات الرئيسية بالقرب من نقاط ابتدائها من عند قناة هوارة وهي تقوم بوظيفة ري الأراضي القريبة من الحافة الصحراوية، بينما القنوات الأخرى – وهي أكثر عددا – فهي نصف قطرية، وتستمد معظم مياهها من بحر يوسف عند مدينة الفيوم أو بالقرب منها، وتقوم بوظيفة ري الأراضي المتبقية. وبعد أن وزعت القنواتُ الفرعية معظم مياهها على الأراضي الواقعة على كلا جانبيها، ينتهى مسارها – بشكل رئيسي – بنهايات مسدودة.

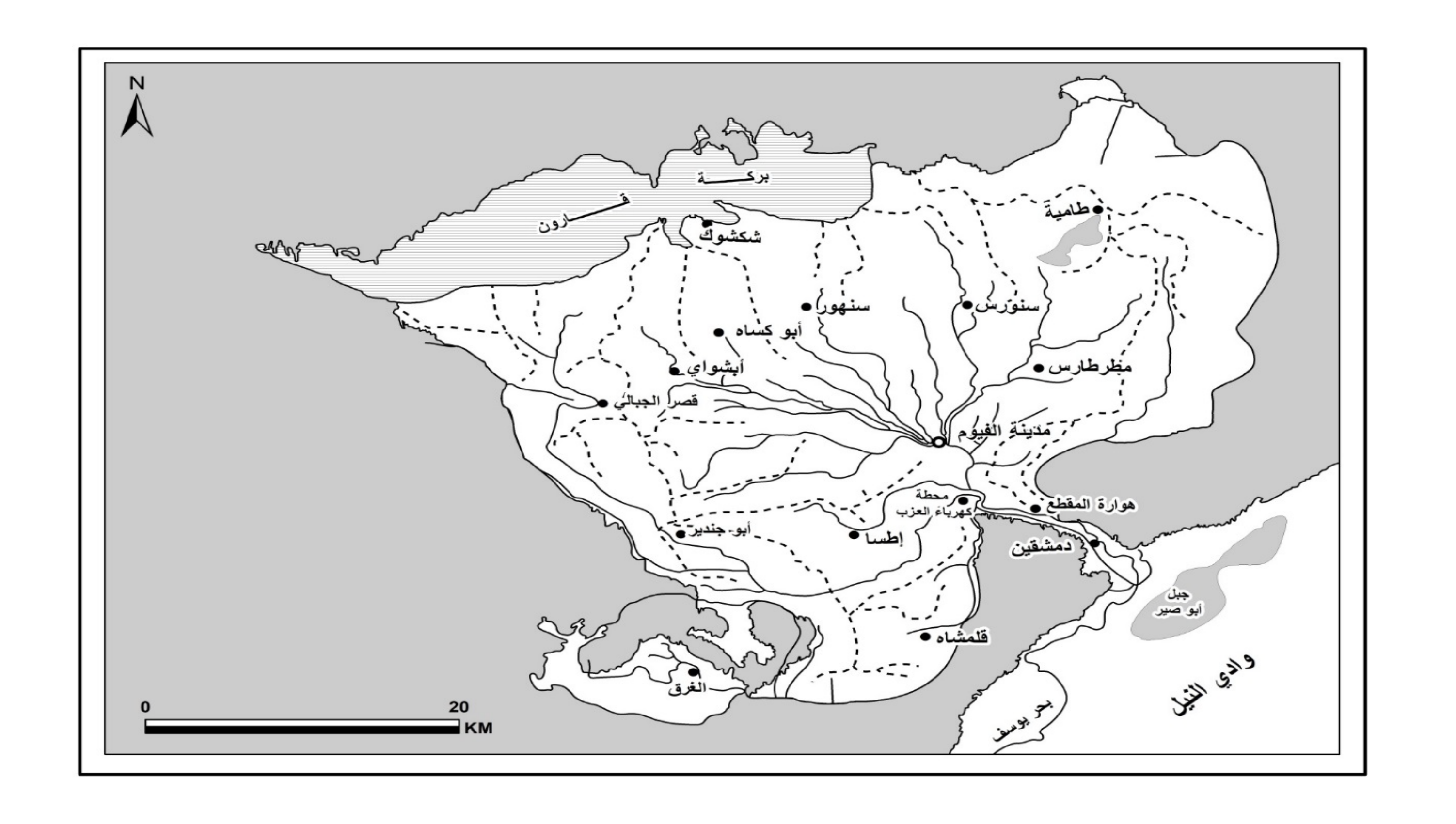
وبالتقريب، حوالي ثلثي إجمالي إمدادات المياه إلى مديرية الفيوم ينقلها إليها بحر يوسف نفسه عبر منظم اللاهون، والثلث الباقي عن طريق ترعة واصف. عادةً ما يكون منظم اللاهون مغلقاء بالكامل خلال معظم أيام شهر يناير، لكي يسمح بتنظيف القنوات من الغرين، ويُغلَق منظم ترعة واصف جزئياً إلى حد ما في نفس الفترة الزمنية لنفس الغرض، وبذلك فإن المياه الوحيدة التي يسمح لها بالعبور هي الكمية الصغيرة نسبياء (حوالي نصف مليون متر مكعب في اليوم) وهي ضرورية لتشغيل محطة الطاقة الهيدروكهربائية عند العزب.



شكل37: خريطة توضح مواقع منظِّمات المياه بالقرب من اللاهون التي تعمل على التحكم في تدفق مياه الري إلي الفيوم، والضفة القديمة حول مدخل قناة هوارة (النصف الشمالي من الضفة يعرف باسم جسر الجدالة، و النصف الجنوبي يعرف باسم جسر البهلوان).



شكل38: مقطع عرضي للضفة القديمة بالقرب من اللاهون. الشكل العلوي يمثل المقطع المتوسط لجسر الجدالة – والشكل السفلي يمثل جسر البهلوان (المبني المكسو بالحجارة على وادي النيل المواجه لجسر الجدالة أضيف عام 1835).



شكل 39: خريطة تصويرية توضح نظم الري والصرف في الفيوم. الخطوط الكاملة تبين القنوات والخطوط المنقطة تبين المصارف

هذا وقد سجلت وزارة الري الأحجام اليومية للمياه الداخلة للمديرية بناء على قراءات المقياس عند المنظميْن الرئيسيين. يوضح جدول (76) إجمالي كمية المياه المسجلة التي دخلت الفيوم في كل شهر من السنوات الثماني 1928-1935 بأكملها , وإجمالي الكميات لكل سنة، و المتوسط الشهري والإجمالي السنوي.

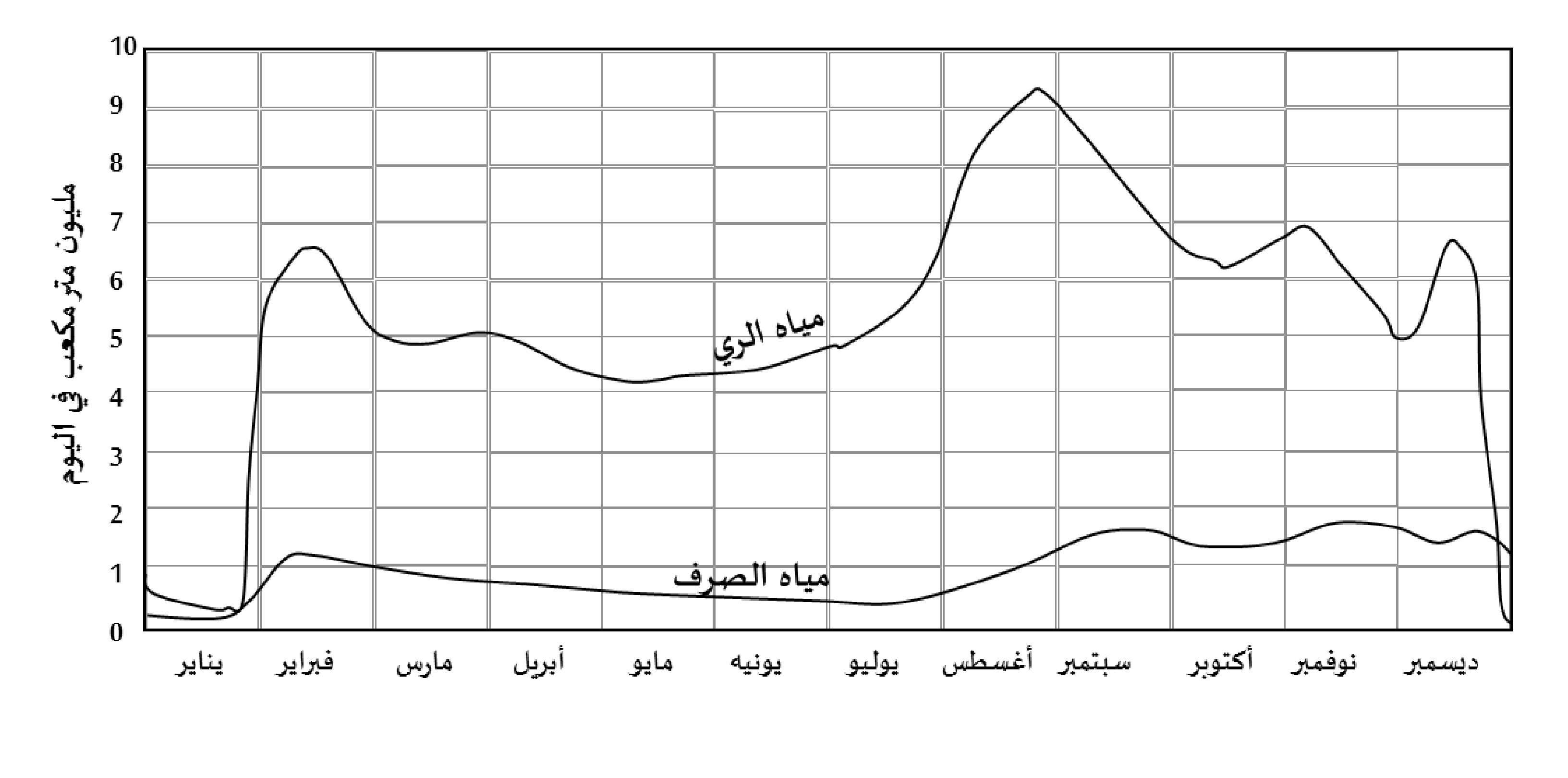
كان إجمالي مساحة الأرض المروية بالفيوم خلال السنوات الثماني 1928- 1935 حوالي 321 ألف فدان، أو 1350 كم مربع. ومن ثم، فإن إجمالي الكمية التي كانت تتدفق إلى المنخفض سنويا كان معادلا لحوالي 6050 متر مكعب لكل فدان من المساحة المروية[29]. تنتج الأراضي في المتوسط محصولين كل سنة، المنتجات الرئيسية هي القطن والذرة والقمح والشعير والبرسيم والفول والعدس.

الصرف

لاحظنا في شكل (29) كيف يشار إلى نظام الصرف في الفيوم بالخطوط المتقطعة. وتتداخل المصارف في العموم مع القنوات، وفي القليل من الأحوال تمضي أسفل منها. وتتدفق كل مياه الصرف إلى بركة قارون حيث يتم التخلص منها عن طريق التبخير. يدخل حوالي ستة أسباع إجمالي مياه الصرف في المديرية إلى البحيرة عن طريق قناتين رئيسيتين، تسميان على الترتيب: مصرف الوادي ومصرف البطس. يتدفق المصرف الأول للبحيرة بالقرب من النقطة المتوسطة من شاطئها الجنوبي، ويتدفق الثاني إليها عند طرفها الشمالي الشرقي، بينما السُّبع المتبقي يصل للبحيرة عن طريق عدد من المصارف الأصغر حجما.

نم قياس وتسجيل تصاريف كل من المصرفين الرئيسين وكل المصارف الأصغر حجما بشكل نظامي منذ 1928، وجدول (77) – القائم على أرقام أمدتني بها مشكورة مصلحة الأحوال الطبيعية – يبين إجمالي أحجام مياه الصرف التي دخلت للبحيرة كل شهر من السنوات الثماني 1928 – 1935 مع المتوسطات الشهرية والسنوية.

بمقارنة الأرقام في الجدول أعلاه مع تلك الأرقام بالجدول قبله، سيلاحَظ أن أكثر من خمس المياه التي تدخل إلى مديرية الفيوم تتدفق نحو بركة قارون كمياه صرف. وبذلك، فإنه من بين 6050 متر مكعب من مياه الري التي تدخل إلى الفيوم سنويا في المتوسط لكل فدان من الأراضي المزروعة فيها، حوالي 1140م مكعب، أو حوالي 19 في المائة من إجمالي المياه، تدخل إلى بركة قارون في صورة مياه صرف. بينما الـ 4910 متر مكعب - أو 81 في المائة - تُستهلك في إنتاج المحاصيل وفي التبخير من القنوات ومن الأراضي. وتوضح المنحنيات البيانية في شكل (40) العلاقة بين أحجام مياه الري التي تدخل يومياً إلى الفيوم وبين أحجام مياه الصرف التي تتدفق إلى بركة قارون خلال فترة زمنية قدرها سنة في المتوسط.



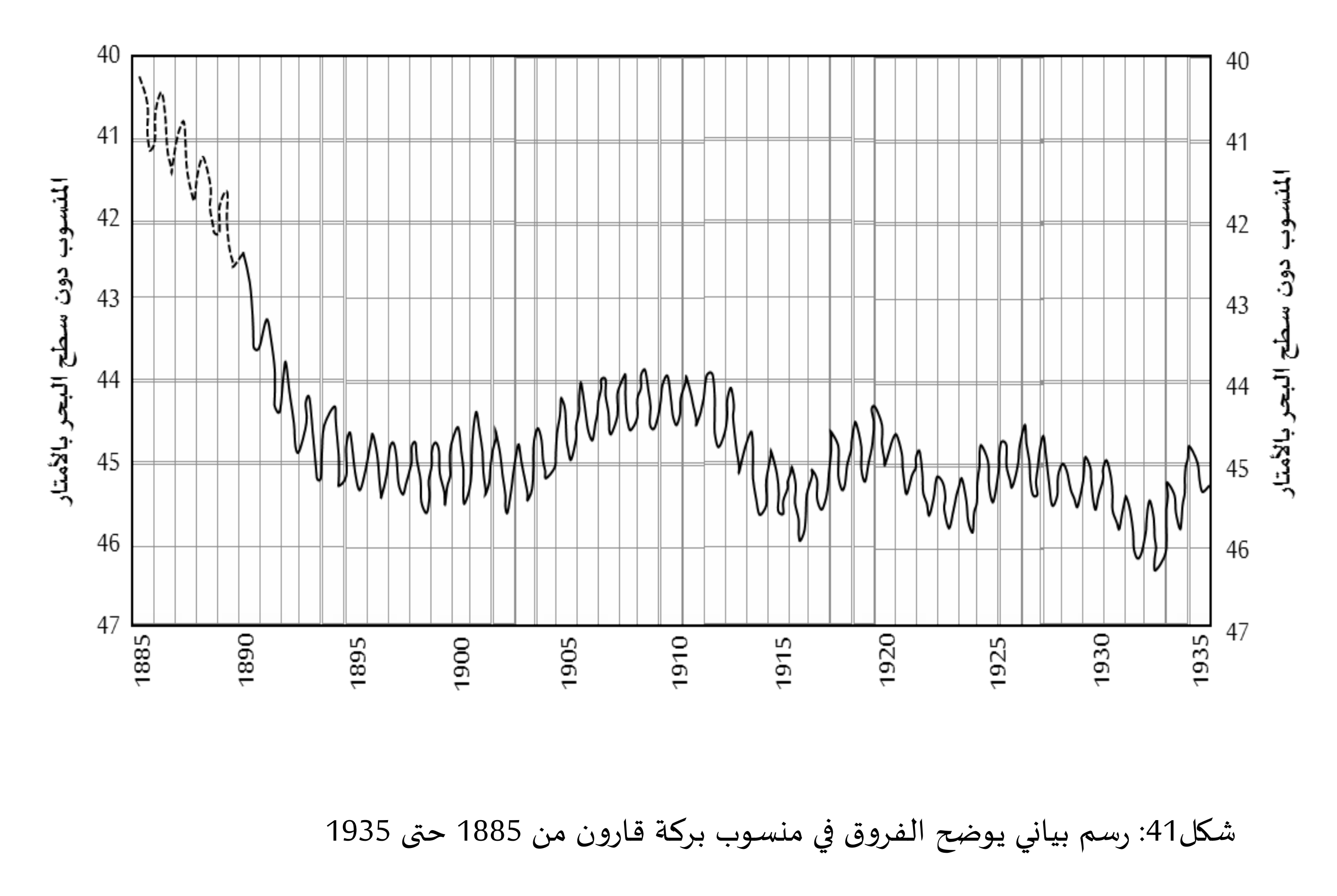
شكل40: أحجام مياه الري الداخلة إلى الفيوم وأحجام مياه الصرف المتدفقة إلي بركة قارون في تواريخ مختلفة، خلال سنة واحدة متوسطة من الفترة الزمنية 1928 -

التذبذب في منسوب بركة قارون

نتيجة للتغيرات في معدل تدفق مياه الصرف إلى بركة قارون وفي معدل تبخر المياه من سطحها، يخضع منسوب البركة لتذبذب ثنائي (على وجهين). هناك أولا تذبذب اعتيادي لمنسوبها نتيجة عدم تماثل التغيرات الموسمية للتدفق مع تلك التغيرات في التبخر. ويضاف إلى ذلك تقلب أبطأ ودرجته غير منتظمة بشكل أكبر من سنة إلى أخرى، نتيجة لأن إجمالي حجم مياه الصرف المتدفقة نحو البحيرة في بعض السنوات تفوق – وفي سنوات أخر تكون أقل من – إجمالي حجم المياه التي تفقد من البحيرة عن طريق التبخر. يعتمد مدى هذه التذبذبات إلى حد ما على أسباب طبيعية، مثل التغيرات في مقدار الإمداد المتاح من النيل في سنوات مختلفة، ولكنه يعتمد بشكل أساسي على الدرجة التي يتم بها التحكم في تدفق مياه النيل المتاحة إلى المنخفض. في الوقت الحالي يتم الحفاظ بعناية على التحكم – في كل من النهر نفسه وفي القنوات التي يتم بها توجيه المياه من النهر إلى الفيوم – بحيث أن مقدار التقلب السنوي في منسوب البحيرة يكون متوسطه حوالي 70 سم فقط ولا يتعدى أبدا 90 سنتيمتر، بينما المنسوب المتوسط للبحيرة في أي سنة لا ينحرف عن ما يزيد على 50 سم من المتوسط البالغ قدره 45.5 م تحت سطح البحر. لكن قبيل السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر، يبدو أن التحكم قد أدير بشكل أقل فعالية. وكانت النتيجة أن التقلبات في منسوب البحيرة كانت أكبر كثير عما هي عليه في الوقت الحاضر.

يخبرنا بلزوني أنه عندما زار الفيوم في مايو 1819، سبَّب فيضانٌ عالٍ فوق المستويات المعتادة أن كمية هائلة من المياه قد مرت إلى بركة قارون وارتفع منسوبها لحوالي 3.5 متر أعلى من أي منسوب كان معروفا أنها قد وصلت إليه من قبل، حسبما شهد بذلك أكبر الصيادين عمرا ويسكن شواطئها[30]. وتبين سجلات وزارة الري أنه بحلول عام 1885 قد وصلت البحيرة لمنسوب أعلى بمقدار 4.5 مترا عما تصل إليه في الوقت الحاضر على الإطلاق. إن السبب الرئيسي في الارتفاعات الكبيرة المفاجئة لمنسوب بركة قارون في الماضي – مثل ذلك الارتفاع الذي ذكره بلزوني – كان بلا شك حدوث صدوع، خلال فيضان النيل فائق الارتفاع، في الضفاف التي تحيط ببحر يوسف بالقرب من هوارة المقطع، والتي بموجبها خرج جزء من التيار المتدفق في القناة نحو رؤوس الوديان الضيقة ومنها اتجه مباشرة إلى البحيرة. [31]

ينوّه السير ويليام ويلكوكس في حديثه عن بحر يوسف والري في الفيوم في 1897 أن[32] (بحر يوسف يسير في مجراه الطبيعي حتى يصل إلى الهوارة، وبعد هذا الجزء – إن كان قد تُرك في مساره بلا تدخل - فإنه كان سيسير في وادٍ أو أكثر من هذه الأودية الضيقة التي تقع علي يمين مجراه، ثم ينساب بالتالي إلى بركة قارون. ومع ذلك، فالحفاظ على منسوب مياه الري من التناقص، فإن واديين من هذه الأودية العميقة قد كُوِّم عبرهما سدان هائلان من الطين، بينما بُنيت عند الوادي الثالث فتحة خروج قديمة للمياه. وبدورانه حول حواجز الحجر الجيري حافظ بحر يوسف علي كونه منطقة تجمع للمياه، وصار قادرا على إمداد كل القنوات والترع في المديرية. إن صيانة كل هذه السدود تعد في المقام الأول أمراً شديد الأهمية، وأي صدع أو كسر فيها سيؤدي إلى عواقب كارثية وخيمة ".



شكل41: رسم بياني يوضح الفروق في منسوب بركة قارون من 1885 حتى 1935

يبدو أن الملاحظات المسجلة عن منسوب سطح بركة قارون قد قام بها أول مرة مهندسو وزارة الأشغال العمومية في 1885. و من بين كل سجلات الملاحظات التي تمت خلال السنوات الخمس 1885 إلي 1889 بأكملها، تم الحفاظ فقط على سجلات يوم الأول من مارس من كل سنة. لكن نظراً لأن البحيرة تستقر عادة عند أعلى منسوب لها في العام في ذلك اليوم؛ فإن هذه السجلات تمدنا بتقدير شديد المقاربة عن أعلي المناسيب لتلك السنوات. نُشرت سجلات التغيرات في منسوب البحيرة خلال السنوات الثمانية وعشرين (1900 - 1927) بأكملها في العديد من تقارير وزارة الأشغال العمومية، سواء في صورة رسوم بيانية أو جداول تضم التذبذب في المنسوب خلال كل شهر، والزيادة أو الانخفاض الصافيتان خلال السنة.[33] وبدءا من عام 1928 فصاعدا، كانت تجرى الملاحظات عن منسوب البحيرة بشكل يومي. وقد أمدتني مشكورة مصلحة الأحوال الطبيعية بنسخ من هذه السجلات. ومع ذلك، بمقارنة المناسيب المسجلة للسنوات المختلفة خلال الخمسين سنة الأخيرة فيجب أن يوضع في الحسبان الظرف الخاص بأن المقياس الذي كانت تُقرأ عليه المناسيب قد تغير عدة مرات في غضون تلك الفترة الزمنية، كما تم اختيار منسوب معياري مختلف بعض الشيء للقياس عند كل تغيير. في الوقت الحالي، المقياس الذي تؤخذ به القراءات اليومية لمنسوب البحيرة هو مقياس شكشوك، الذي أنشئ عام 1927، وتتطابق التدريجات التي عليه مع المناسيب الدقيقة التي أجرتها وسجلتها مصلحة المساحة المصرية. ومن أجل عمل قياس مقارن صائب، فمن المرغوب فيه بالتالي أن القراءات التي أُخذت على المقاييس القديمة يجب أن تصاغ إلى الحد الذي ستكون عنده إن كانت قد أُخذت علي المقياس الحالي. وبالنظر إلى المناسيب النسبية للمقاييس المختلفة حسبما أوضحتُ سابقا ويتضح من مقارنة اللوحة k من الجزء الثاني من تقرير وزارة الأشغال العمومية لعام 1927 – 1928 مع مكافئاتها على مقياس شكشوك الحالي أن مناسيب البحيرة التي سجلت قبل يناير 1904 كانت أعلى بمقدار 0.48 م، وتلك المناسيب التي سُجلت بين 13 مارس 1915 و5 أكتوبر 1927 كانت أقل بمقدار 0.28 م، بينما تلك المناسيب التي سجلت فيما بعد يوم 5 أكتوبر 1927 والتي قرئت مباشرة من مقياس شكشوك نفسه، لم تكن في حاجة لأي تصحيح.

وبناءً على المصادر التي ذكرتُها بالأعلى، فقد أعددتُ الجدول التالي موضِّحا فيه المناسيب العليا والمنخفضة والمتوسطة للبحيرة، وكلها قد صيغت بالمقياس إلى معيار مقياس شكشوك الحالي، لكل السنوات من 1885 إلى 1935، بالإضافة إلى مدى تقلبات المنسوب خلال كل سنة.

الأرقام الخاصة بأعلى المناسيب من 1885 حتى 1889 هي في الحقيقة المناسيب في يوم 1 مارس، والذي يعد التاريخ الوحيد الذي جرى تسجيله في سجلات تلك السنوات. لكن نظرا لأن البحيرة عادة تصل لأعلى منسوب لها في السنة بحلول منتصف مارس تقريبا، ولا يتغير المنسوب إلا قليلا في غضون هذ الشهر؛ فإن مناسيب يوم 1 مارس تمثل بدرجة شديدة القرب المناسيب القصوى الحقيقية للسنوات المتعاقبة (1885- 1889). أما الأرقام الخاصة بأعلى وأدنى المناسيب للسنوات 1915 حتى 1917 و1923 حتى 1927، فقد تم استقاؤها من جداول التقلب السنوي في المناسيب المذكورة في الحاشية السفلية بصفحة 232، وبالتالي فهي تمثل في الحقيقة أعلى وأدنى المناسيب المسجلة في أول يوم وآخر يوم في كل شهر من تلك السنوات، لكن الفروق بينها وبين المناسيب القصوى والدنيا الصحيحة للسنوات المذكورة على الترتيب لا تتعدى على الأرجح القليل من السنتيمترات.

وبالنسبة لكل السنوات الباقية، فقد استنتجنا القيم القصوى والدنيا إما من الرسومات البيانية التي ورد ذكرها في الحاشية السفلية بصفحة 232، وإما من السجلات اليومية. وبالنسبة للمناسيب المتوسطة التي ذُكرت للسنوات 1928 حتى 1935 فقد تم استبعادها من القراءات اليومية التي سُجلت خلال تلك السنوات، بينما تلك المناسيب المتوسطة الخاصة بسنوات ما قبل 1928 فتُعدّ قيما تقريبية حسبما سُجلت عن طريق حساب المتوسط الحسابي بين المناسيب القصوى والمناسيب الدنيا للسنة. ولا تختلف القيم التقريبية الناتجة عن هذه الطريقة عادة عن متوسط المناسيب الحقيقية بأكثر من سنتيمترات قليلة.

بناء على التاريخ المذكور في الجدول السابق، فقد قمت بإعداد الرسم البياني في شكل 41، والذي يوضح في لمحة سريعة الفروق في منسوب البحيرة خلال الخمسين سنة الماضية. سيلاحَظ من الرسم البياني أنه في عام 1885، عندما بدأ عمل السجلات الصحيحة لمنسوب البحيرة لأول مرة، استقرت البحيرة عند مستوى أعلى من منسوبها في الوقت الحالي بما يقارب 4 أمتار ونصف، وأنه بحلول عام 1893 م انخفض المنسوب إلى حوالي متر عن منسوبه الحالي، وأنه لم يرتفع أبداً فيما بعد تلك السنة إلى منسوب أعلى من 43.8 م دون منسوب سطح البحر.

فيما يتعلق بمنسوب البحيرة في السنوات قبل 1885 فإن المعلومات تعد شديدة الندرة. لكن يسجل السير هانبري براون[34] أنه في عام 1894 عندما كان أعلى منسوب للبحيرة حوالي 44.3 متر تحت سطح البحر، أخبره مفتش الأراضي التابع للدائرة السَّنية أن الأرض الخاضعة لإدارته - والتي تسبب ارتفاع البحيرة في السنوات الماضية في إغراقها- كانت حينئذ أعلى من مستوى سطح الماء، وأن البحيرة كانت عند نفس المنسوب الذي كانت عليه في 1874. علَّق سير هانبري بروان على هذه الجملة منوِّها أن الارتفاع الذي أشار إليه مفتش الأراضي ربما قد حدث كنتيجة لتحسن إمدادات المياه في الفيوم بعد شق ترعة الإبراهيمية في عام 1869. من المحتمل في بادئ الأمر أنه لم يتم توزيع ذلك الإمداد الزائد بشكل مناسب، وكان مقدار المياه التي جري تصريفها في البحيرة شديد الإفراط بمقارنته مع مساحة الأراضي الزراعية التي جرى ريُّها. وكذلك، كان يُروى قسم كبير من المديرية بنظام ري الحياض، وكانت محتويات الحياض تصرّف في الترع والقنوات المتصلة بالبحيرة. وشيئا فشيئا اختفت هذه الأحواض وأفسحت مجالا للري الصيفي المنتظم وللري بواسطة الترع الحقلية، وصارت المياه على امتداد السنة توزَّع بشكل أكثر كمالا في جميع أنحاء المديرية، وتحولت مساحات جديدة من الأراضي علي امتداد الحافة الصحراوية للمديرية وفي أماكن أخرى إلى أراضٍ زراعية؛ وبذلك فإن المياه المتصرفة في عام 1894 التي وصلت للبحيرة لم تزد عن كونها مياه صرف المديرية والتي قد تم خفضها إلى كمية معقولة.

المنسوب دون سطح البحر بالأمتار

45.0 45.1 45.2 45.3 45.4 45.5 45.6 45.7 45.8

يناير فبراير مارس أبريل مايو يونيه يوليو أغسطس سبتمبر أكتوبر نوفمبر ديسمبر

شكل42: تقلب منسوب بركة قارون خلال سنة متوسطة في الفترة 1928-

توفر لنا التقارير السنوية لوزارة الأشغال العمومية دليلاً وافراً على أن المنسوب الحالي المنخفض للبحيرة - التي يعتمد عليها تصرُّف الكثير من أراضي الفيوم - يتم الحفاظ عليه فقط عن طريق المراقبة المستمرة من طرف مهندسي الري لضمان أن كميات المياه الداخلة إلى المديرية - خاصة في سنوات الإمداد الجيد لنهر النيل – تقتصر على تلك الكميات الضرورية للري بشكل حقيقي، وبذلك نتجنب دخول كميات زائدة من مياه الصرف إلى البحيرة. على سبيل المثال، في صفحة 68 من تقرير عام 1893، يذكر السير هانبري براون أنه نظرا للتغييرات في إدارة التفتيش منذ شهر أكتوبر الماضي، لم يكن في الإمكان المحافظة على المراقبة الدقيقة المعتادة لتوزيع مياه الشتاء في الفيوم، لكن مادام هناك "انخفاض متوازن" في البحيرة خلال الإثني عشر شهراء فلم يتم وقوع أي أضرار. في تقرير عام 1895 نوَّه مستر ويلسون أنه على الرغم من أن إمداد المياه في السنوات الماضية كان جيدا، فقد تم استعماله لري مساحات زائدة من الأراضي الزراعية، فتناقص التصرف إلى البحيرة وانخفض منسوبها، لكن لم تكن هناك حاجة في خفض منسوبها لأكثر من ذلك. في تقرير عام 1906، عبَّر السير آرثر ويب – بعد إشارته أن صرف مياه الفيوم يعتمد كليا على التبخر من بحيرة قارون - عن رأيه أنه نتيجة لامتداد الزراعة في الفيوم نحو حدودها؛ فإن مسألة إقامة سدود على البحيرة أو مصادرة الأراضي قبالة شواطئها من المحتمل أنهما يجب أن يوضعا في الحسبان في المستقبل القريب. وفي تقرير عام 1908، علق نفس المهندس على حقيقة أن البحيرة كانت لا يزال منسوبها يرتفع - على الرغم من أن التوزيع كان يتم بمزيد من الدقة ورغم انخفاض الإمداد الصيفي من المياه - وذكر أن الموضوع لايزال في طور الدراسة، وأن العمل قد بدأ على نظام لمعايير التصرُّف، والذي يبدأ من إتاحة إمكانية التأكد من تحديد الفترات التي يحدث فيها إهدار الماء وكيف يمكن تقليله.

فيما يختص بالتذبذب الموسمي لمنسوب بحيرة قارون في الوقت الحالي، يوضح الجدول التالي – بناءً علي سجلات أمدتني بها مصلحة الأحوال الطبيعية – المنسوب المتوسط للبحيرة لكل شهر خلال الثمانية أعوام الأخيرة، والرسم البياني في شكل (42) يبين مسار ارتفاع وانخفاض منسوب البحيرة خلال سنة من السنوات.

سيلاحظ من الرسم البياني أن البحيرة تصل إلى أعلى منسوب لها في السنة في منتصف شهر مارس تقريبا، وتنخفض لأدنى منسوب لها في السنة في نهاية شهر أغسطس تقريبا، ومتوسط مدى التذبذب السنوي في منسوبها يصل لحوالي 70 سم.

مساحات وأحجام بركة قارون عند مناسيب مختلفة

يمدنا الجدول التالي بمساحات وأحجام البحيرة عند مناسيب تتراوح بين 44 و47م تحت سطح البحر، كما تم حسابها من الأعمال المسحية وسبر الأعماق التي أجرتها مؤخرا مصلحة المساحة المصرية. قد يلاحظ أن المساحات والأحجام عند مناسيب تقع بين هذه الحدود تتماثل بدرجة شديدة القرب مع تلك المساحات والأحجام التي تمدنا بها المعادلة التجريبية:

$$A= 166+24(47- L)$$

$$V= 422+ 166(47-L) + 12(47-L)^2$$

حيث A هي المساحة بالكيلومتر المربع، V الحجم بالمليون متر مكعب، L المنسوب بالمتر تحت سطح البحر.

سيلاحَظ أن كلا من المساحة والحجم يتناقصان بشكل سريع مع انخفاض منسوب السطح، وذلك بالطبع نتيجة ضحالة البحيرة. تقع أكثر نقاط قاع البحيرة انخفاضا عند حوالي 53 متر فقط تحت سطح البحر، بينما يصل متوسط منسوب السطح في الوقت الحالي لحوالي 4.5 متر تحت سطح البحر، مع نطاق موسمي للتغير أعلى وأدنى ذلك المنسوب بنحو 35 سنتيمتر، ولا يتعدى عمق المياه في أي جزء من البحيرة - حتى في الموسم السنوي الذي يكون فيه منسوب البحيرة في أعلى درجاته - 8 م تقريبا، ومتوسط العمق في نفس الموسم نحو 4م فقط. لكن أكثر الاستنتاجات لفتا للانتباه في الجدول، هو أن نصف إجمالي حجم مياه البحيرة يتلاشى كل عام عن طريق التبخر أو بطريقة أخرى، ويحل محله تدفق مماثل من مياه الصرف. وحيث أن المنسوب المتوسط للبحيرة في الوقت الحالي يبلغ حوالي 45.4 متر تحت سطح البحر، فإن حجمها المتوسط – كما سيتضح من الجدول – يكون 719 مليون كم مكعب تقريبا، بينما - كما نرى في جدول التصرفات- يصل متوسط حجم مياه الصرف التي تتدفق سنويا نحو البحيرة يصل إلى ما يزيد قليلا عن نصف هذه الكمية، أو 365 مليون كم مكعب. ونظرا لأن المنسوب المتوسط للبحيرة يظل ثابتا إلى حد كبير من سنة إلى أخرى؛ فنتيجة ذلك أن كمية مماثلة – أي 365 مليون كم مكعب تقريبا – تتلاشى إما بالتبخر فقط، وإما بالتبخر مضافا إليه تسرب (ترشُّح) المياه خارجةً من البحيرة. سنناقش لاحقا مسألة المنصرف من البحيرة بالمزيد من التفصيل. لكن قد نذكر هنا أن هذا التسرب الخارجي من البحيرة كما يحدث في الوقت الحالي يتوازن مع تسرب إلى داخل البحيرة قادم من الأراضي المزروعة.

وحيث أن كمية مياه الصرف التي يمكن أن تتلاشى سنوياء من البحيرة عن طريق التبخر تعد نسبية بالنسبة إلى مساحة سطحها؛ فمن الواضح أنه لو أن كمية معينة من مياه الصرف يجري تصرُّفها سنويا من كل فدان من المساحة المزروعة، فإن إجمالي مساحة الأرض التي يمكن زراعتها في الفيوم تحددها بالتأكيد الظروفُ الطبيعية. على سبيل المثال، لو أن إجمالي مساحة الأرض التي تروى الآن في الفيوم، والتي تبلغ حوالي 321 ألف فدان، ستزيد بمقدار – مثلا – خمسة بالمائة في الوقت نفسه بدون تناقص في كل من متوسط كمية مياه الري التي يجري إمداد كل فدان بها سنويا أو كمية مياه الصرف التي تصرَّف منها سنويا.....فإن إجمالي تدفق مياه الصرف سنوياء نحو البحيرة سيزداد أيضاء بمقدار خمسة بالمائة، وبالتالي سيرتفع منسوب البحيرة بمقدار 45 سنتيمتراً أو نحو ذلك، والتي ستكون ضرورية لزيادة مساحة سطحها بنحو خمسة في المائة، وبالتالي ستتمكن البحيرة من التخلص من الكمية الزائدة من مياه الصرف عن طريق التبخر. وهذا الارتفاع في منسوب البحيرة سينتج عنه غمر أو تشبع مساحة من الأرض بالماء حول البحيرة تساوي على الأقل مساحة الأرض التي يمكن تهيئتها وجعلها صالحة للزراعة في أي مكان في المديرية. وكذلك من الواضح أن بناء سد حول الشاطئ الجنوبي للبحيرة – كما كان متوقعا في فترة من الفترات[35]– لن يحسن الأمور بشكل دائم. وحيث أن منسوب البحيرة قد يُسمح حينئذ بارتفاعه بمقدار متر أو مترين، فإن مساحة سطحها لن تزيد بشكل كبير، وبالتالي لن تكون هناك زيادة محسوسة في حجم مياه الصرف التي يمكن أن تتلاشى سنويا عن طريق التبخر، بينما في الوقت نفسه سيسبب الارتفاع في منسوب البحيرة

بالتأكيد ارتفاعا مماثلا في مستوى المياه الجوفية في الأراضي المحاذية لها، وبالتالي سيعوق الصرف الفعال لهذه الأراضي.

درجات حرارة بركة قارون

إن التسجيلات الوحيدة لدرجة حرارة مياه بركة قارون التي كنت قادرا على العثور عليها هي:

1- تسجيلات ربع سنوية قامت بها إدارة خفر السواحل في شهور: أبريل ويوليو وأكتوبر 1927، ويناير وأبريل ويوليو وأكتوبر من السنوات 1928 حتى 1935.

2- تسجيلات عرضية قام بها دكتور أزاديان ومستر هج في ديسمبر 1928، ومارس 1929، وسبتمبر 1930[36].

3- تسجيلات قام بها مستر ويمبني ومستر تيتيرنجتون على فترات نصف شهرية تقريبا، في الفترة من فبراير حتى نوفمبر 1931 [37]. كل هذه التسجيلات كانت في فترة النهار وتمت خلال جمع عينات للتحليل من مياه البحيرة، ويمكن تلخيصها في جدول (81).

كما كان متوقعا من ضحالة البحيرة، تبين ملاحظات وتسجيلات دكتور أزاديان ومستر هج أن التغير في درجة الحرارة بزيادة العمق يعد شديد الضآلة، ونادرا ما يتعدى درجة مئوية، وأن أقصى فرق قد سُجل بين درجة حرارة المياه عند السطح ودرجة حرارة المياه عند قاع البحيرة كان 2°م في الساعة 1.10 بعد الظهر يوم 13 مارس 1929 عند نقطة كان العمق فيها 2.6 متر، وكانت درجة حرارة المياه حينئذ 18 م عند السطح، و16°م عند قاع البحيرة، ودرجة حرارة الهواء 22° م.

فيما يختص بالتغير اليومي في درجة حرارة المياه بالبحيرة فإن معرفتنا بها ناقصة، فلم تُسجل بعد أي ملاحظات لدرجات حرارة المياه في فترة الليل. لكن نوَّه دكتور أزاديان ومستر هج أن البحيرة كانت بالقطع أدفأ من الهواء في الصباح الباكر، وبالقطع أبرد من الهواء في منتصف النهار وبعد الظهيرة بقليل. وقد نستنتج من ذلك أن النطاق النهاري لدرجات حرارة البحيرة يعد أقل بكثير من نطاق درجات حرارة الهواء فوقها. وبناءً على الملاحظات والتسجيلات القليلة التي تمت في ساعات مختلفة في اليوم نفسه، أو في ليلة يومٍ ما وفي الصباح الباكر من اليوم التالي؛ يبدو أنه من غير الراجح أن التقلب اليومي في درجة حرارة البحيرة ككل يتعدى على الإطلاق درجتين أو ثلاث درجات تقريباً، بينما متوسط التقلب اليومي في درجة حرارة الهواء فوقها حوالي 13 درجة. لكن النطاق اليومي لدرجة حرارة المياه سيتنوع بالطبع في أماكن مختلفة من البحيرة، بسبب الإختلافات في العمق وأيضاً بسبب ظروف الرياح التي تؤثر إلى حد ما على التبريد الموضعي أو التسخين الموضعي للمياه عن طريق الهواء. ومن الممكن في الجو شديد السكون أن يكون النطاق اليومي لدرجات حرارة الهواء في المناطق الضحلة الواقعة على حافة البحيرة ضعفَ أو ثلاثة أضعاف درجة حرارة مياه البحيرة ككل.

إن التغير السنوي في درجة حرارة مياه البحيرة يعد أكبر بكثير من التغير اليومي، حيث يمكن أن يصل إلى حوالي 16°م أو أكثر، وفي الحقيقة إنه يتقارب مع ذلك التغير في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة.

وهذا سيتضح من المقارنة في جدول (84) بين متوسطات كل درجات حرارة البحيرة المسجلة في الشهور المختلفة للسنوات 1928- 1935 ومتوسط درجات حرارة الهواء لنفس الشهور، حسبما سجلتها محطة قياس الأرصاد الجوية في شكشوك على الساحل الشمالي للبحيرة.

وبأخذ المقارنة السابقة في الاعتبار، يجب علينا بالطبع أن نتذكر أن الملاحظات والتسجيلات لدرجات حرارة البحيرة قد تمت في ساعات مختلفة في أيام معدودة من شهور متعاقبة، وكلها كانت تنحصر في النهار، بينما درجات حرارة الهواء كانت المتوسط الحسابي للأربعة وعشرين ساعة لليوم والليلة خلال الشهور بأكملها. وعندما يوضع ذلك في الاعتبار، فمن المنطقي أن نعتقد أنه لو سُجلت درجات حرارة مياه البحيرة بشكل نظامي علي امتداد الشهور والسنوات المختلفة – بمثل ما تم بخصوص درجات حرارة الهواء – لكان التوافق بين مجموعتي الأرقام أكثر تقاربا.

من السهل أن نفهم السبب في أن الفروق النهارية في درجات حرارة مياه البحيرة تبدو شديدة الضآلة مقارنة مع فروق درجات حرارة الهواء فوقها، بينما التغير السنوي في درجة الحرارة بالبحيرة يطابق إلى حد كبير التغير السنوي في درجة حرارة الهواء. إن الأمر يخضع لعمق البحيرة وإلى الدورية. فعمق البحيرة – الذي يصل متوسطه لأربعة أمتار- يعد شديد الكبر بالنسبة للكتلة الكلية لمياهها، لدرجة أنه يسخن بمقدار ما يزيد عن درجة حرارة واحدة أو نحو ذلك خلال ساعات النهار عندما ترتفع درجة حرارة الهواء، أو أن يبرد لأكبر من نفس المقدار تقريبا خلال الساعات التي تنخفض فيها درجة حرارة الهواء، ولكنه من ناحية أخري ليس كبيرا بما فيه الكفاية ليمنع حدوث استجابة كاملة تقريبا، مع تباطؤ ضئيل نسبيا، للتغيرات في درجة حرارة الهواء الذي تقاس دوريته بالشهور بدلا من الساعات.

هذا الظرف الذي ذكرناه للتوّ، مضافا إليه حقيقة أن مناخ مصر معروف بأنه لم يخضع لأي قدر هائل من التغيرات خلال العصور التاريخية، يخوّلا لنا الخروج باستنتاجات مثيرة فيما يختص بما كانت تبدو عليه ظروف درجات حرارة البحيرة في العصور التاريخية السالفة، عندما كان عمقها وحجمها أكبر بكثير مما هما عليه الآن. في عصر بطليموس الثاني – على سبيل المثال – عندما كان عمق البحيرة في أشد أجزائها عمقا حوالي 50 متر بدلا من 8 أمتار في عصرنا الحالي، كان متوسط درجة الحرارة السنوي للبحيرة بكل الاحتمالات هو نفس المتوسط الحالي تقريبا، لكن كان نطاق الفرق في درجات الحرارة باختلاف العمق أكبر بكثير بلا شك، والفروق النهارية والسنوية كانت أصغر بكثير عما هي عليه الحالة في البحيرة حاليا وفي عصر هيرودوت – عندما كانت البحيرة أعمق (كان أقصى عمق لها في ذلك الوقت يتخطى 70 مترا) - لابد أن الفروق النهارية والسنوية كانت لا تزال أصغر، ودرجة حرارة أشد نقاط عمقها انخفاضاً كانت ثابتة تقريبا على امتداد العام.

ملوحة بركة قارون

في الوقت الحالي (1936) تحتوي مياه بركة قارون في المتوسط على حوالي 3 في المائة من المواد الصلبة المذابة، ثلثاها بالضبط من كلوريد الصوديوم. وبذلك، فإن مياه البحيرة تحتوي الآن في المتوسط على درجة ملوحة تقدر بحوالي ستة أسباع درجة ملوحة المحيط. لكن تتغير درجة الملوحة في أجزاء مختلفة

من البحيرة، وملوحة البحيرة ككل لا تتقلب بشكل كبير باختلاف المواسم وإلى حد ما من سنة لأخرى فقط، بل تميل أيضا بشكل متميز إلى الزيادة باستمرار بمرور السنين.

إن التغيرات في ملوحة المياه في أجزاء مختلفة من البحيرة تنشأ في الأساس عن الظرف أن مياه الصرف تدخل للبحيرة بشكل أساسي عند نقطتين؛ الأولى عند نهايتها الشرقية، والثانية بالقرب من منتصف شاطئها الجنوبي. وبالطبع تعد الملوحة أقل ما يمكن في محيط مصب المصرفين الرئيسيين، بينما بسبب نزعة المياه العذبة نسبيا التي تصرفها المصارف إلى الانتشار على سطح البحيرة قبل أن تختلط بشكل كامل مع المياه الأكثر ملوحة وبالتالي تتكون هناك مياه أكثر كثافة.... فإن الملوحة بالقرب من السطح تعد في الإجمالي أقل من الملوحة بالقرب من قاع البحيرة. إن آثار هذه الأسباب على توزيع الملوحة تعد بالطبع عُرضة لتعديل كبير عن طريق التغيرات في اتجاه وسرعة الريح، على سبيل المثال تميل رياح شمالية غربية قوية إلى جعل المياه العذبة نسبيا القادمة من المصارف لأن تتراكم على نطاق واسع على امتداد الشاطئين الجنوبي والشرقي، تاركة الأجزاء الشمالية والغربية من البحيرة أكثر ملوحة عما يمكن أن يكون عليه الوضع بطريقة أخرى.

إن التقلبات الموسمية في ملوحة البحيرة - التي كثيرا ما تصل إلى حوالي عشرة في المائة أو أكثر من متوسط درجة الملوحة في السنة - تسببها أساسا التغيرات في حجم البحيرة الناتج عن حالة التوازن المتغيرة فيما بين المعدل الذي تصرف به المصارف مياهها في البحيرة من ناحية، وبين المعدل الذي تتلاشى به المياه من البحيرة عن طريق التبخر من ناحية أخرى. في شهر مارس – عندما يتداخل هذان العاملان فتصل البحيرة إلى أقصى حجم لها (وبالتالي أعلى منسوب لها في السنة) - تكون ملوحة البحيرة في أدنى درجاتها، بينما في أغسطس وسبتمبر - عندما تنكمش البحيرة إلى أصغر حجم لها في السنة وبالتالي يكون منسوبها في أدنى درجاته – تصل الملوحة إلى أعلى درجاتها. لذلك، يعد مسار التقلب السنوي في ملوحة البحيرة خلال أي سنة مقاربا من عكس مسار التقلب في منسوب البحيرة خلال تلك السنة.

إن التقلب غير النظامي في ملوحة البحيرة من عام إلى آخر ينشأ عن الاختلافات في كمية مياه الري المسموح لها بالمرور إلى الفيوم في سنوات مختلفة – مما ينتج عنه اختلافات في كمية مياه الصرف السنوية الداخلة إلى البحيرة. ونظرا لأن إمدادات المياه المتاحة للري في الفيوم في أي سنة تعتمد إلى حد ما على مقدار فيضان النيل في تلك السنة، فإن التقلبات غير النظامية في ملوحة البحيرة من عام إلى آخر تميل إلى أن تتماثل إلى درجة قريبة مع تلك التقلبات في التصرُّف السنوي للنيل في مصر.

إن ميل ملوحة البحيرة إلى الزيادة التصاعدية بمرور السنين ناتجٌ عن أنه بينما الكميات الزائدة من الأملاح المذابة تُنقل باستمرار إلى البحيرة عن طريق مياه الصرف الداخلة إليها، فإن الأملاح لا تخرج من البحيرة حيث لا توجد أي مخارج فيها، وبالتالي لو أن حجم المياه في البحيرة ظل ثابتا، فإن ملوحتها سترتفع بشكل مستمر. وفي الواقع – كما ذكرنا أنفا – حجم المياه في البحر مع اختلاف فصول السنة، وكذلك يتذبذب من سنة إلى أخرى لدرجة أن أثر التراكم المتزايد والمستمر للأملاح غير المذابة في البحيرة على ملوحتها يظهر بوضوح إلى حد ما، لكنه يظهر إلى درجة تبعث على الاندهاش عندما تقارَن نتائج تحديد درجة الملوحة التي تتم على فترات زمنية، أو لنقُل كل خمس أو عشرة سنوات مع بعضها البعض.

إن أول إجراء تم لقياس ملوحة مياه بركة قارون كان في مقدرتي أن أبحث فيه هو القياس الذي أجراه مستر لوكاس في 1901، الذي وجد أن عينة أخذها مستر بيدنل من الطرف الغربي للبحيرة في مارس من ذلك العام قد احتوت على 13.420 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر، وكان 5.584 جم من ذلك الإجمالي يتكون من الكلورين و1.874 جم من أنهيدريد الكبريت [38]. ونظرا لأن المياه تكون عادة أكثر ملوحة في الطرف الغربي من البحيرة مقارنة بالأجزاء الأخرى منها؛ فمن الأكيد عمليا أن ملوحة البحيرة في الإجمال في تلك الفترة كانت أقل بكثير من ملوحة تلك العينة الوحيدة التي تم قياسها.

أما العينات التي تم أخذها بعد ذلك لتحليلها، فكانت عينتان جمعتهما مصلحة المساحة المصرية في ديسمبر عام 1905، إحداهما أُخذت من نقطة بالقرب من جزيرة القرن، والأخرى من نقطة قرب السطح نقع في منتصف المسافة بين تلك الجزيرة والشاطئ الجنوبي للبحيرة قُبالة مصب مصرف الوادي. وجد مستر لوكاس أن العينة التي أُخذت بالقرب من جزيرة القرن تحتوي علي 8.560 جرام من المواد الصلبة المذابة لكل لتر، وكان 3.500 جم منها من الكلورين و 1.164 جم من أنهيدريد الكبريت، بينما عينة السطح التي أخذت بالقرب من مصب المصرف احتوت فقط على 1.670 جم من المواد الصلبة المذابة لكل لتر، منها 0.617 جم كلورين و 0.181 جم من أنهيدريد الكبريت. وفي اليوم نفسه أُخذت عينة من المياه من فم المصرف نفسه واحتوت على 0.670 جم من المواد الصلبة المذابة لكل لتر، منها 0.168 جم كلورين و0.070 جم من أنهيدريد الكبريت [39]. كان من الواضح من تلك النتائج أنه في الفترة التي أُخذت فيها تلك العينات كانت المياه عند سطح البحيرة بالقرب من مصب المصرف تتكون إلى حد كبير من مياه عذبة من المصرف نفسه، ومن المرجح أنه حتى بالقرب من جزيرة القرن - على مسافة تقدر بحوالي 3 كم من فم المصرف – لم تختلط مياه الصرف الداخلة للبحيرة بشكل كامل مع مياه البحيرة. لذلك، مثل العينة الوحيدة التي أُخذت في عام 1901، أخفقتا تلك العينتين في تكوين أي فكرة صحيحة ودقيقة عن ملوحة البحيرة ككل، لكن كانت التحليلات ذات فائدة عظيمة حيث أظهرت مدى واسعا للتغيرات الممكنة في درجة الملوحة في عينات المياه التي أخذت من أماكن مختلفة في البحيرة في اليوم نفسه، خاصة إذا جُمعت بالقرب من سطح المياه، وبالتالي لفتت الانتباه إلى الحاجة لأخذ عينات بطريقة دقيقة ونظامية بأي طريقة لتحديد متوسط نسبة ملوحة البحيرة.

في بدايات شهر فبراير من السنة التالية (1906) جمعت مصلحة المساحة عينتين من مياه البحيرة، واحدة من السطح والأخرى بالقرب من قاع البحيرة، عند خمس نقاط في منتصف البحيرة، وقام مستر لوكاس بتحليلها فكانت النتائج كما في جدول (85)[40]: (منسوب سطح البحيرة في تلك الفترة التي أُخذت فيها العينتان – بعد أن انخفض ليوازي مقياس شكشوك الحالي – كان 44.31 م تحت سطح البحر):

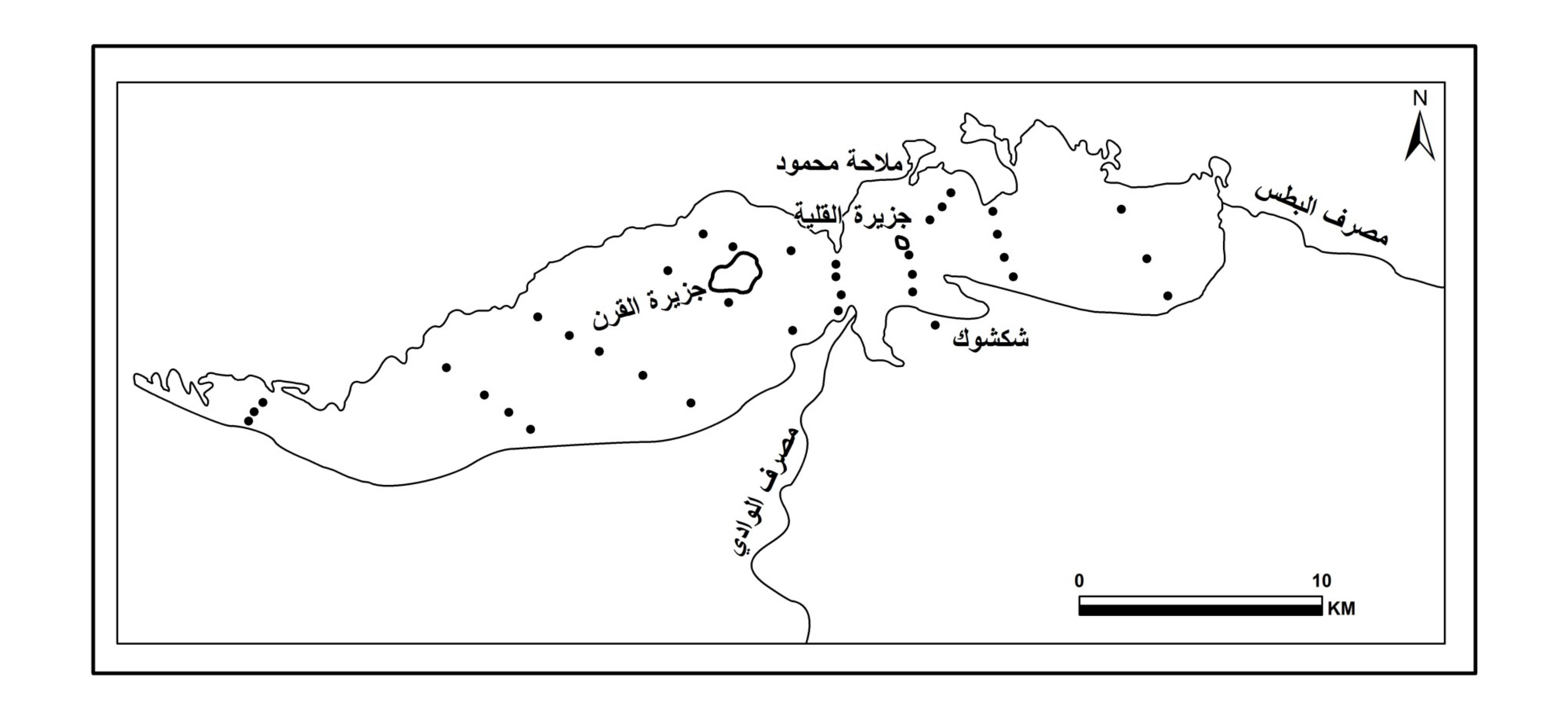
سيلاحَظ أن متوسط الملوحة الذي تم حسابه بأخذ متوسط إجمالي الخمس نقاط كان 10.95 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر، منها 7.54 جم لكلوريد الصوديوم. لم تختلف درجات الملوحة في النقاط العديدة لأخذ العينات بشكل كبير عن بعضها البعض، ويمثل متوسطها تقريبا متوسط ملوحة البحيرة ككل في التاريخ الذي أُخذت فيه العينات، لكن قد يلاحَظ أن النقطة التي كانت عندها درجة الملوحة أقل درجة على الإطلاق – أي عند النقطة بالقرب من اللسان الأرضي الداخل في البحيرة

شرق الشمال الشرقي لجزيرة القرن – تكاد تقع بالضبط قبالة فم مصرف الوادي، بحيث أن المتوسط الحسابي قد يمكن أن يكون صغير القيمة بعض الشيء.

في اليوم نفسه الذي جُمعت فيه هذه العينات من المناطق الوسطى من البحيرة، جُمعت عينات أخرى من المياه من بعض الخلجان الصغيرة والسدود واللاجونات الصغيرة الموجودة حول شواطئ البحيرة الشمالية. وُجد أن المياه في تلك الأماكن أكثر ملوحة من مياه البحيرة تماما، ونسبة إجمالي المواد الصلبة المذابة ترتفع لما بين 12 و13 جم لكل لتر في الخليج المحاط بالأرض المعروف باسم "محلة محمود"، وإلى 100 جم أو أكثر لكل لتر في اللاجونات المنفصلة تماما عن البحيرة. في الحقيقة، وُجد أن مياه أحد اللاجونات تحتوي على ما لا يقل عن 215 جم من المواد الصلبة المذابة لكل لتر، وهي نسبة أكبر من نسبة المواد الصلبة المذابة في المحيط بمقدار ستة أضعاف تقريبا.

ولاحقا في السنة نفسها (1906) جمعت مصلحة المساحة مجموعة كاملة من عينات من ماء البحيرة خلال عملية سبر أغوار البحيرة بشكل نظامي للتأكد من تضاريس وشكل قاعها. جُمعت العينات فيما بين 22 فبراير و7 مارس من 36 نقطة مختلفة، توزيعها موضح في شكل (43)، وأُخذت جميعها عند عمق متجانس يقدر بـ 1.5 متر تحت سطح البحيرة. كان متوسط منسوب سطح البحيرة خلال الفترة التي جمعت فيها العينات - بعد أن خُفض إلى مستوى مقياس شكشوك الحالي – 44.8 متر تحت سطح البحر. في جدول (86) نرى أقصي درجة للملوحة وأدنى درجة والمتوسط الناتج عن الـ 36 عينة:

سيلاحظ أن مدى التغير في العينات المختلفة كان صغيرا بعض الشيء، حيث وصل لحوالي عشرة بالمائة فقط على كلا خانتي الوسط الحسابي. جُمعت العينة التي تُظهر أعلى درجة ملوحة من نقطة تبعد حوالي 6 كم عن الطرف الغربي للبحيرة، والعينة التي تُظهر أقل درجة ملوحة جُمعت من نقطة تبعد حوالي 6 كم عن الطرف الشرقي. جُمعت العينات الأربع من على امتداد خط يمتد من الشمال إلى الجنوب يقع شرق جزيرة القرن بـ 3كم، وكان متوسطها من إجمالي المواد الصلبة المذابة 10.9 جم لكل لتر، والمتوسط لـ 18 عينة من غرب هذا الخط كان 11.7 جم، والمتوسط لـ 14 عينة من شرق هذا الخط كان 10.6 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر. كان متوسط العينات من الـ 10 نقاط الأقرب إلى الشاطئ الشمالي للبحيرة 11.4 جم، وللعينات من الـ 8 نقاط الأقرب إلى الشاطئ الجنوبي للبحيرة 11.2 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر.



شكل43المواضع الست والثلاثين التي التي جُمعت منها عينات المياه من بحيرة قارون

في الفترة ما بين 22 فبراير و7 مارس 1906

شكل44: خريطة تصويرية لبركة قارون تبين النقاط الست التي تم عندها جمع العينات من ماء البحيرة بواسطة إدارة خفر السواحل لتحليلها في الأعوام 1918- 1933

لا يبدو أنه قد تم عمل أي تعيين حسابي لملوحة مياه البحيرة حتى عام 1918، حيث جمعت إدارة خفر السواحل عينات في شهريْ أكتوبر ونوفمبر من ذلك العام عند ست نقاط بعيدة عن بعضها البعض في البحيرة، وأُرسلت إلى معامل مصلحة الكيمياء للتحليل. في شكل 35 نجد مواضع النقاط الست على الخريطة التصويرية المرفقة، وأسفر تحليل العينات عن النتائج التالية كما في جدول (87).

ونظرا لأن العينات قد تم جمعها في تاريخين منفصلين، ويفصل بينهما شهر تقريبا، وكانت البحيرة عند منسوبين مختلفين في هذين التاريخين؛ فإن النتائج الست بالطبع لا تعد قابلة للمقارنة مع بعضها البعض علي نحو كامل. مع ذلك، فإن متوسط كل النتائج الست ربما يمدنا بتقدير تقريبي قريب على نحوٍ معتدل من مقدار متوسط ملوحة البحيرة في منتصف شهر نوفمبر 1918.

في السنة التالية (1919) بدأت إدارة خفر السواحل جمع العينات بشكل نظامي على فترات ربع سنوية من ماء البحيرة عند كل نقطة من النقاط الست المذكورة آنفا، وقد اعتُبر أن متوسط النتائج التي تم الحصول عليها من مجموعة من ست عينات من تلك النقاط ستوفر معياراً موثوقاً به لمتوسط درجة ملوحة البحيرة ككل في التاريخ الذي أُخذت فيه العينات. تم أخذ العينات في 1يناير, 1أبريل , 1 يوليو , 1 أكتوبر من السنة، وتم تحليل العينات في معامل مصلحة الكيمياء التابعة للحكومة المصرية. استمر عمل هذا الإجراء بانتظام حتى يناير 1923 عندما توقف العمل به. ثم تمت إعادة العمل به في يوليو 1924، واستمر مرة أخرى حتى يناير 1933، بنفس الأسلوب الذي جرى من قبل، باستثناء أنه بدلا من كون العينات كانت تُجمع دائماً في الأيام الأولي من الأشهر المتعاقبة المرتَّبة، فإن العينات كثيراً ما تم جمعها في تواريخ متأخرة عن تلك الأيام إلى حد ما، وأنه بدءاً من يوليو 1928 حتى أبريل 1929 على الإجمال، كانت التحليلات تتم في معامل وزارة الصحة العمومية بدلا من معامل مصلحة الكيمياء. النسب المتوسطة لإجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم الموجودة في كل من العينات الست موضحة في جدول (88)

سيلاحظ من الأرقام في الجدول السابق أنه بجانب التغيرات الموسمية، تُظهر درجات الملوحة تغيراً متميزاً – وهو في الإجمال تصاعدي – من سنة إلى أخرى، وقد تراوح المتوسط السنوي المشتق من مجموعات الملاحظات ربع السنوية ما بين 17.6 جم لإجمالي المواد الصلبة لكل لتر (منها 12.3 جم لكلوريد الصوديوم) في 1920، إلى 31.6 جم من إجمالي المواد الصلبة لكل لتر (منها 22.2 جم كلوريد الصوديوم) في 1932. كان نطاق الملوحة في العينات المفردة التي أُخذت خلال تلك الفترة أكبر بكثير، وذلك – بلا شك – إلى حد كبير بسبب أنها قد جُمعت بالقرب من سطح البحيرة، وكانت أقل درجة ملوحة هي 2.6 جم من المواد الصلبة لكل لتر (منها 1.4 جم كلوريد الصوديوم) في عينة أُخذت يوم 1 يوليو 1921، وأقصى درجة كانت 36.7 جم من المواد الصلبة لكل لتر (منها 25.9 جم كلوريد الصوديوم) في عينة أُخذت يوم3 يوليو 1932.كانت العينة الاعتبارية التي أظهرت أدنى درجات الملوحة قد جُمعت عند نقطة جنوب نتيلة النمل بـ 2 كم، وكان محتواها المنخفض اللافت للنظر من الملح ناتجاً بكل الاحتمالات عن أن المياه العذبة نسبياً التي صرفها مصرف البطس قد وُجهت في ذلك الوقت نحو سطح البحيرة وإلى تلك النقطة عن طريق رياح شرقية. أما العينة التي أظهرت أعلى درجات الملوحة فقد جُمعت من نقطة تقع شرق جزيرة القلية بـ 1

كم، بالقرب من الهامش الجنوبي للبحيرة، ربما في وقت منعت فيه رياح قوية شمالية غربية المياهَ المصرفة من المصارف من الانتشار لأي مسافة بعيدة عن مصبات تلك المصارف.

أجرى دكتور أزاديان ومستر هج دراسات دقيقة لملوحة مياه البحيرة في ديسمبر 1928، ويناير ومارس 1929، وسبتمبر 1930، ولم تؤخذ العينات وتُحلل من عدد نقاط أكبر بكثير وأوسع نطاقا من الست نقاط التي اختارتها إدارة خفر السواحل فقط، بل أخذاها من السطح وبالقرب من قاع البحيرة أيضا.[41] يبين جدول (89) عدد العينات التي أخذت في كل تاريخ، إضافة إلى متوسط درجة ملوحة البحيرة الناتجة عن التحليلات ككل، ومتوسط درجة الملوحة عند السطح وعند قاع البحيرة، وأقصى وأقل درجة ملوحة للعينات المفردة.

ومثل الملاحظات الأقدم التي سجلتها مصلحة المساحة في 1906، تبين ملاحظات دكتور أزاديان ومستر هج بوضوح أن ملوحة المياه تعد إلى حد ما من الناحية النظامية أكبر بالقرب من قاع البحيرة من نسبتها عند السطح، وكان متوسط كل هذه الملاحظات هو 26.7 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر بالقرب من قاع البحيرة، مقابل 24.9 جم لكل لتر عند السطح. وبالطبع ستتنوع كمية الفرق بشكل كبير في الأوقات المختلفة وعند أجزاء مختلفة من البحيرة، بسبب الآثار المتنوعة للرياح على توزيع المياه المتدفقة القادمة من المصارف وبسبب اختلافات مستوى العمق.

طبيعة المادة الصلبة المذابة في البحيرة

فيما يختص بطبيعة المواد الصلبة المذابة في البحيرة وجد مستر لوكاس[42] من تحليل عينات جمعتها مصلحة المساحة من 36 نقطة جيدة التوزيع في البحيرة، في الفترة من 22 فبراير حتي 7 مارس 1906، أن مياه البحيرة في ذلك الوقت قد احتوت في المتوسط على ما يوضحه جدول (90).

بينما يوضح جدول (91) المتوسط لنتائج 121 تحليلا جزئيا قام بها دكتور أزاديان ومستر هج لعينات قاما بجمعها من أماكن عديدة في البحيرة فيما بين ديسمبر 1928 وسبتمبر 1930، أي عند تواريخ تقع بعد إجراء التحاليل السابقة بـ 22 - 25 سنة

لاحظ دكتور أزاديان ومستر هج أن الكلورين في الأساس كان متحدا مع الصوديوم والبوتاسيوم في صورة كلوريدات، وأن الكربونات والبيكربونات كانتا موجودتين على الرغم من أن نسب البيكربونات والمعادن القلوية لم يتم تحديدها.

سيلاحَظ أنه على الرغم من أن النسبة المتوسطة لإجمالي المواد الصلبة المذابة الموجودة في مياه البحيرة في الفترة 1928- 1930 كانت أكبر بمقدار يزيد عن ضعف نسبتها في فبراير ومارس عام 1906، وكان هناك تغير طفيف بعض الشيء في النسب المئوية للعناصر المختلفة التي تتكون منها المواد الصلبة المذابة، والتغير الرئيسي في هذا النسب خلال الـ23 سنة كان زيادة في النسبة المئوية من حامض الكبريتيك من 16.63 إلى 19.06، وهي في الأساس كانت على حساب حمض الكربونيك تقريبا، ولسوء الحظ أنه لم تحدَّد نسب حمض الكربونيك في السلسلة الثانية من التحليلات.

هناك تحليل واحد - لكنه أكثر اكتمالا – لعينة من مياه البحيرة قد قام به – مشكورا – من أجلي دكتور ويليامسون، مدير إدارة التحليلات الكيميائية بوزارة الزراعة. جمع لي تلك العينة مستر جوبينز- الذي يعمل بمصلحة المساحة المصرية - في 17 أبريل 1936، من نقطة تقع في البحيرة بالقرب من شاطئها الشمالي وتبعد حوالي 10 كم من طرفها الغربي. كان منسوب البحيرة في ذلك الوقت 44.70 متر تحت سطح البحر. في هذا التحليل – الذي تُعرض نتائجه في جدول (92) – تحدَّد عنصر الصوديوم بطريقة "أسيتات يورانيل الزنك uranyl zinc acetate ، كما قد أُنقصت نسبة المياه المتبلرة في البقايا التي جفت عند درجة حرارة 120 مئوية من فقدان الوزن الناتج عن عملية تجفيف ثانية عند درجة حرارة 180 مئوية، وقد وُجد أن هذا الفقدان قد وصل إلى 0.23 جم لكل لتر من مياه البحيرة. في درجة الحرارة العليا، كبريتات الصوديوم والكالسيوم الموجودة في البقايا قد فقدت كل مائها المتبلّر وكبريتات الماغنسيوم امتصت التركيب المحدّد الثابت لرابع أكسيد المنجنيز والماء [43]. وكما يتضح من التحليل، فإن اللتر من ماء البحيرة قد احتوى على 4.10 جم من رابع أكسيد الماغنسيوم والذي اتحدت كميته مع 0.61 جم من الماء المتبلر عند درجة حرارة 180 مئوية، فنتج عن ذلك أن إجمالي الماء المتبلر قد احتوى في البقايا التي جفت عند 120 مئوية لابد أنه قد ارتفع إلى 0.61 + 0.23، أو 0.84 جم لكل لتر من مياه البحيرة.

لاحظ دكتور ويليامسون أنه قد وجد في العينة كمية ضئيلة من المادة العضوية لكنه لم يحدد نسبتها، وكذلك تم عمل اختبار للحديد لكن اتضح أنه لم يكن موجوداً. ومن ثم قد يبدو على الأرجح أن النسبة المئوية الضئيلة (1.20) من العناصر التي لم يتم تحديدها قد وُجد بطريقة الفرز الكيميائي أنها تتكون في الأساس – إن لم يكن بشكل كلي – من المادة العضوية.

يوضح جدول (93) نتائج التحليلات التي تمت في 1906، 1928 – 1929، 1936 في أعمدة متوازية بغرض المقارنة، مضافا إليها مكافئات الجرام من العناصر المختلفة لكل مائة جرام من المواد الصلبة المذابة، كما تم حسابها من التحليل الذي أُجري في 1936:

وبدهي أن النسب المئوية الموضحة في الأعمدة المتتالية من الجدول السابق لا تعد قابلة للمقارنة مع بعضها الأخر على نحو صارم، بسبب الفروق في أعداد العينات التي جرى تحليلها وبسبب البقايا التي جفت عند درجات حرارة مختلفة بعض الشيء في الحالات الثلاث. لكن حتى إن تغاضينا عن ذلك، فمن الواضح أنه بينما ظلت نسب معظم العناصر ثابتة تقريباً على امتداد الثلاثين سنة التي أُجريت فيها تلك التحليلات، فإن نسب حامض الكبرتيك قد خضعت لزيادة كبيرة، بينما خضعت نسب حامض الكربونيك لنقصان كبير. إن أكثر أسباب التغيرات أرجحية في نسب هذين العنصرين المذكورين أخيراً يبدو أنه التغير في النسب النسبية للكبريتات والكربونات الموجوة في مياه الصرف الداخلة إلى البحيرة خلال هذه الفترة.

وبحصر اهتمامنا الآن في آخر التحليلات وأكثرها اكتمالاً – أي التحليلات التي أجراها دكتور ويليامسون في 1936- سيلاحَظ من العمودين الأخيرين من الجدول السابق أنه لم يتم تحديد إجمالي نسب العناصر فعليا فحسب - بالإضافة إلى نسبة مسموح بها قدرها 1.20 بالمائة للمادة العضوية المعروف أنها موجودة رغم أنه لم يتم الكشف عن نسبتها – بأنها تصل الى مائة في المائة، بل وُجد أيضا أن مجموع مكافئات الجرام من الأحماض أنها تتفق مع نحو 0.4 في المائة من الأحماض مع مجموع مكافئات الجرام من

القواعد، وبذلك فهي تدل على أن التحليل لم يكن مكتملا من الناحية العملية فحسب، بل كان على درجة عالية من الدقة أيضا، ولذلك يمكننا قبوله بثقة كاملة حيث يمدنا ببيانات موثوق فيها يمكن منها حساب نسب الأملاح المختلفة المذابة في مياه البحيرة في الوقت الحاضر.

فيما يتعلق بتحديد وتوزيع نسب القواعد والاحماض المختلفة لبعضها الآخر، فإن نسبة حامض الكربونيك (الموجودة تقريبا بشكل كامل في صورة حامض بيكربونيك في الماء) تعد شديدة الضآلة لدرجة أننا لا نحتاج إلى التردد في أن نحدد نسبتها عن طريق ربطها بالكالسيوم. وبناءً على حقيقة أن مكافئات الجرام للكلورين التي وُجدت في التحليل تعد اقل من مكافئات الجرام للصوديوم الموجود – بينما مكافئات الجرام لحامض الكبريتيك عالية – فقد نستنج أن الماغنسيوم موجود بشكل كامل في صورة كبريتات. لذلك، لدينا النسب في جدول (94) ككونها أكثر المركبات احتمالية الموجودة في البقايا الناتجة عن التبخر عندما تم تجفيفها عند درجة حرارة 120 مئوية، معبَّرا ًعنها بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

إن حقيقة أن النسبة المئوية لتركيب المادة المذابة في البحيرة تعد تقريباً ثابتة في العصر الحالي - بالرغم من التغيرات الكبرى في النسب الفعلية للأملاح المختلفة المذابة التي عُبر عنها بالأجزاء في المليون في الماء، في فصول مختلفة من السنة وفي سنوات مختلفة – تفتح لنا طريقا سهلا للتأكد – بدرجة مقبولة من الدقة – من مقدار الأجزاء في المليون للأملاح المتعددة الموجودة في مياه البحيرة في أي فترة زمنية بمجرد تحديد الأجزاء في المليون من الكلورين الموجودة(44)، ثم بضرب النتائج في العوامل الرقمية الآتية، التي اعتمدت على افتراض أن الكلورين يمثل 41 في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة، وعلى أن النسب المئوية للمواد المتعددة الموجودة في إجمالي المواد الصلبة هي تلك النسب المذكورة آنفا

المقارنة بين الأملاح المذابة في بركة قارون وبين الأملاح المذابة الموجودة في النيل وفي مياه البحر

تختلف نسب الأملاح العديدة التي تتكون منها المادة الصلبة المذابة في بركة قارون بدرجة شديدة الاتساع في الواقع عن تلك المادة الصلبة المذابة في النيل، فهي تتقارب في الواقع بدرجة شديدة مع المادة المذابة الموجودة في المحيط. وهذا سرعان ما يتضح من جدول (96) ، الذي وضحتُ فيه – في أعمدة متوازية – النسب المئوية للمواد المتعددة التي تحتويها البقايا الجافة من ماء البحيرة كما ذكرناها سابقا، والنسب المئوية للمواد المذابة في النيل عند القاهرة خلال أشهر الفيضان وخلال الأشهر الباقية من السنة على الترتيب(45) كما ذكرناها سابقا، والنسب المئوية للمواد المذابة في المحيط حسب ملاحظات بروفيسور ديتمار.(46)

سيلاحظ من جدول (96) أنه بينما تختلف مجموعة الأملاح في بركة قارون عن مجموعة الأملاح في البحر بشكل أساسي في احتوائها فقط على حوالي ثلاثة أرباع النسبة المئوية من الكلوريدات، وأكثر من ضعف النسبة المئوية من الكبريتات، فهي أيضا تختلف عن مجموعة الأملاح في النيل ليس في احتوائها على نسبة مئوية تقدر بأكثر من عشرة أضعاف نسبة الكلوريدات وأكثر من ثلاثة أضعاف نسبة الكبريتات

فحسب، بل أيضا في احتوائها على نسبة مئوية ضئيلة من الكربونات والسليكا الحرة، ولا تحتوي على سليكات برغم من أن النسبة المئوية لهذه العناصر الثلاثة في المادة المذابة في النيل تعد كبيرة جداً.

وحيث أن مياه بركة قارون هي في الأساس مياه من النيل دخلت - بعد أن أدت غرضها من الري - إلى البحيرة في صورة مياه صرف وخضعت هناك إلى التركيز عن طريق التبخر، فلابد أن نستنتج أن الفروق فيما بين النسب النسبية للأملاح المختلفة المذابة في مياه البحيرة وتلك الأملاح المذابة في النيل على الترتيب نتجت عن أن المياه المسحوبة من النيل لأغراض الري استهلكت كميات كبيرة من الكلوريدات والكبريتات وكميات صغيرة نسبيا من الأملاح الأخرى، في مرورها عبر الأراضي المزروعة قبل أن تصرف في البحيرة كمياه صرف. هذا الاستنتاج يؤكده تماما ما هو معروف عن نسب الأملاح المختلفة المذابة في مياه الري ومياه الصرف في مراحل عديدة من خط سيرها من النيل ثم إلى الأراضي المزروعة، ومن الأراضي المزروعة إلى البحيرة علي الترتيب. يوضح الجدول التالي نسب إجمالي المواد الصلبة المذابة بالأجزاء في المليون من المياه، والنسب المئوية من الكلورين وحمض الكبريتيك الموجودة في المادة الصلبة المذابة في كل من: (1) النيل عند أسيوط، الذي تُستمد منه مياه الري للفيوم خلال الشهور من يناير إلى أبريل، (2) بحر يوسف عند مدينة الفيوم (أي عند النقطة التي تخرج منها قنوات الري الرئيسية لمديرية الفيوم) خلال نفس الشهور الأربعة من السنة،(3) مصرف البطس (أحد المصرفين الرئيسيْين اللذيْن يصرّفان مياهما في البحيرة) خلال الشهور نفسها عند نقطتين تقعان على الترتيب أعلى مجرى المصرف بـ 30 كم , وعند 5 كم من مصبه (4) بركة قارون حاليا.

من المفترض أن الأرقام الخاصة بالنيل عند أسيوط تتطابق إلى حد كبير مع متوسط تلك الأرقام المسجلة عند القاهرة خلال الأربعة شهور المماثلة للثلاثين سنة الأخيرة أو نحوها، وتمثل أرقام بحر يوسف ومصرف البطس المتوسطات للتسجيلات الأربعة التي قام بها مستر لوكاس(47) عند كل من هذه النقاط خلال الأشهر من يناير إلى أبريل 1901، أما الأرقام الخاصة ببركة قارون فهي مكتوبة طبقا لما ذُكر في الجدول السابق رقم (94).

سيلاحظ من البيانات المسجلة التي لُخصت في جدول (97) أنه في أثناء رحلة مياه الري البالغة حوالي 350 كم من أسيوط – أولا عبر ترعة الإبراهيمية ثم منها إلى بحر يوسف المتعرج قبل وصوله لمدنية الفيوم - ستكون المياه قد جمعت حوالي 85 جزءا في المليون من المادة الصلبة المذابة الاضافية، وأن النسب المئوية للكلورين وحمض الكبريتيك في المادة الصلبة المذابة ككل – بدلاً من أن تظل ثابتة حسبما سيكون الوضع لو أن الأملاح التي تجمعت خلال الرحلة كانت من نفس التركيب المماثل لتلك الأملاح التي كانت موجودة بالفعل في المياه بعد أن فارقت نهر النيل – قد ازدادت من 8.6 و5.5 حتى 18.0 و10.2 على الترتيب؛ وبالتالي فهي تدل بوضوح على أن الاملاح التي تجمعت في مسار الرحلة لا بد أنها قد تكونت في الأساس من الكلوريدات والكبريتات، وكذلك تدل على أنه بعد أداء المياه للغرض منها في رى أراضي الفيوم، فإنها تذهب إلى مصرف البطس على مسافات تتعدى 30 كم من نقطة تصريفها في البحيرة، وتحتوي في المتوسط على 900 جزء في المليون من المواد الصلبة المذابة، وارتفعت النسب المئوية للكلورين وحامض الكبريتيك في المادة الصلبة المذابة إلى 30.5 و17.00 على الترتيب. بينما على مسافة 5 كم من نقطة

تصريفها في البحيرة، زادت نسبة المواد الصلبة المذابة الموجودة في مياه الصرف إلى 1790 في المليون، وارتفعت النسب المئوية للكلورين وحمض الكبريتيك في المادة الصلبة المذابة الى 31.2 و18.2 على الترتيب؛ أي حوالي ثلاثة أرباع وتسعة أعشار الكلورين وحمض الكبريتيك في المادة الصلبة المذابة في البحيرة على الترتيب. يمكن بعملية حسابية بسيطة إيضاح أن كل هذه النتائج تتسق مع التركيب التقريبي التالي للمادة القابلة للذوبان التي جمعتها المياه خلال رحلتها من النيل الى البحيرة على نحو ما يوضح جدول (98).

في اعتقادي أن النسب المئوية للكلورين وحامض الكبريتيك الموجودة في المادة المذابة في البحيرة حاليا، والتي تعد على الترتيب أعلى بمقدار الثلث والتسع تقريبا من نسب الكلورين وحامض الكبريتيك في المادة المذابة بمياه الصرف الداخلة للبحيرة، قد يسهل تفسيرها بأن جزءا من الأملاح الأقل قابلية للذوبان – مثل كربونات الكالسيوم والماغنسيوم وكبريتات الكالسيوم – قد ترسب على قاع البحيرة بسبب زيادة تركيزه، بينما الأملاح الأكثر قابلية للذوبان – مثل كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وكبريتات الصوديوم وكبريتات المغنسيوم - قد ظلت جميعها في حالة الذوبان. وقد جُمعت عينة من المواد التي يتكون منها قاع البحيرة بالقرب من جزيرة القرن في فبراير 1906، وقد وجد مستر لوكاس أنها تتكون من "رمل مع القليل من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم"[48].

الغازات المذابة في ماء البحيرة

يحتوي ماء البحيرة بالإضافة إلى المواد الصلبة المذابة على غازات مذابة أيضاً، مثل الأكسجين والأرجون والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون، ومصدرها في الغالب هو الهواء. من بين كل هذه الغازات المتعددة يعد الأكسجين أكثرها أهمية لكونه ضروريا لتنفس الأسماك في البحيرة.

تم تحديد نسب الأكسجين المذاب الموجود في مياه البحيرة بالقرب من السطح عند نقطة تبعد 1 كم شرق جزيرة القلية في ستة أيام من عام 1931، بواسطة دكتور أبو سمرة، كما تم تسجيل درجة حرارة المياه في كل مرة، وكذلك سُجلت نسب الكلورين الموجودة في المياه في كل مرة باستثناء مرة واحدة[49]. في الجدول التالي نرى نتائج ملاحظات وتسجيلات دكتور أبو سمرة، بالإضافة إلى مناسيب البحيرة حسبما سجلتها مصلحة الأحوال الطبيعية في التواريخ التي تم فيها عمل التسجيلات، والنسب التقريبية لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء حسبما تم تقديرها بافتراض أن الكلورين يمثل 41 بالمائة من إجمالي المواد الصلبة، ونسب الأكسجين في مياه البحر ذات نسبة الملوحة الكلية المماثلة عند تشبعها مع الهواء عند درجات الحرارة المماثلة، طبقا لأبحاث فوكس.[50] ونتيجة لأن نسبة كلوريد الصوديوم إلى الأملاح الأخرى تختلف في مياه البحيرة عن نسبتها في مياه البحر (حوالي 2 إلى 1 في البحيرة، و 3.6 إلى 1 في البحر)، فإن نسب التشبع لمياه البحيرة لا تعد بالطبع دقيقة بنفس درجة دقة نسب تشبُع مياه البحر ذات نسبة الملوحة الكلية المماثلة. لكن نظرا لكون الفروق صغيرة على الأرجح، فقد يمكننا قبول الأرقام في العمود الأخير من الجدول كممثلة -بدرجة تقريبية معتدلة - لنسب تشبع مياه البحيرة تحت ظروف درجة الحرارة والملوحة المسجلة، وبمقارنة هذه الأرقام مع نسب الأوكسجين التي تم تحديدها حسبما ذُكرت في العمود الأخير ماعدا نسبة واحدة لم تسجل، يمكننا الاستنتاج أنه بينما تشبع سطح البحيرة – أو على الأرجح زاد تشبعه بالأكسجين قليلا عن المستوى القياسي في يوم 15 مايو[51]، فقد احتوى بدرجة كبيرة على نسبة أقل من

نسبة التشبع بهذا الغاز في بقية الخمسة تواريخ الأخرى، ويظهر هذا النقص بشكل جلي في أغسطس وسبتمبر عندما تكون البحيرة في أدنى منسوب لها في السنة تقريبا.

لا يبدو أنه قد تم عمل تحديدات وتسجيلات لنسب النيتروجين والأرجون وثاني أكسيد الكربون المذابة في مياه البحيرة. مع ذلك بالنظر إلى الضغوط الجزئية للنيتروجين والأرجون في الغلاف الجوي والقابلية للذوبان النسبية لهذين الغازين بمقارنتهما مع الأكسجين، يبدو من الأرجح أن حجم النيتروجين الذائب الموجود في مياه البحيرة يصل إلى الضعف تقريبا، وأن الأرجون الذائب يصل لحوالي جزء من عشرين من حجم الأكسجين الذائب. وإذا قبلنا فرضية أن اتحاد ثاني أكسيد الكربون المذاب في مياه البحيرة مع الكربونات العادية ليكوِّن بيكربونات، فقد يمكننا الاستنتاج من التقديرات الحسابية التحليلية للبيكربونات أن حجمه قد وصل لحوالي 40-70 سنتيمتر مكعب لكل لتر من المياه.

وبجانب غازات الغلاف الجوي، من المحتمل أن البحيرة تحتوي على كميات من الممكن تقديرها من الهيدروجين الكبريتي الذائب، والناتج عن أثر المادة العضوية على الكبريتات، على الرغم لا يبدو أنه قد سُجل بعد أي وجود لهذا الغاز في أي تحليل أُجري لمياه البحيرة.

الزيادة التصاعدية في المحتوي الملحي بالبحيرة

بفحص الأرقام التي وردت في جدوليّ (85) و(88) الخاصة بنسب إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم بالجرام لكل لتر في مياه البحيرة في عام 1906 وفي تواريخ متعاقبة خلال الفترة 1919 حتى 1933؛ يتضح لنا أن إجمالي كميات هذه المواد الموجودة في البحيرة تخضع لزيادة تدريجية، وهذا ما يمكن بالطبع أن نتوقعه بناءً على حقيقة أن كميات إضافية من الأملاح تُنقل إلى البحيرة باستمرار عن طريق المصارف الداخلة إليها. لكن درجات الملوحة التي قيست في سنوات متتالية – حتى في فصول متماثلة – لا تقدم لنا معيارا عن المعدل الذي يزيد به محتوى البحيرة من الأملاح، لأن حجم البحيرة في أي فصل من فصول السنة يختلف بشكل كبير من سنة إلى أخري بسبب التغيرات في التوازن بين تدفق المياه إليها وبين تبخر الماء منها.

وبافتراض دخول كمية مياه أكثر من المعتاد إلى البحيرة خلال سنة ما، بينما التبخر منها كان بنفس معدل التبخر في السنوات الأخرى، فإن حجم البحيرة سيزداد بدرجة كبيرة، وقد تتضاءل درجة ملوحة مياهها. وبرغم الكمية الإضافية من الأملاح التي حملتها المصارف إلى البحيرة، وبالعكس لو أن كمية مياه الصرف التي دخلت للبحيرة خلال سنة معينة كانت أصغر من المعتاد، فإن التبخر سيفوق معدل التدفق للبحيرة، وسينكمش حجم البحيرة، وقد تزداد ملوحة مياهها متخطية كل نسب الزيادة التي حدثت في إجمالي كمية الأملاح المذابة فيها. لكي نقدِّر بدقة المعدل الذي تزداد عنده إجمالي كمية المادة المذابة - أو إجمالي كمية كلوريد الصوديوم - في البحيرة، لابد بالتالي أن نضع في حسباننا نسب هذه المواد بالجرامات لكل لتر في التواريخ المختلفة، وكذلك "أحجام البحيرة" في تلك التواريخ. ولحسن الحظ فإن السجلات المحفوظة في وزارة الري التي تمدنا بمناسيب سطح البحيرة في كل التواريخ التي جُمعت فيها العينات للتحليل، وأحجام البحيرة عند هذه المناسيب يمكن ايجادها على الفور من جدول المساحات والأحجام في

جدول (80) من هذا الكتاب. بمجرد معرفة حجم البحيرة (V) في التاريخ الذي أُخذت فيه العينة (بالمليون متر مكعب)، وتم التأكد من نسب s و S (بالجرامات لكل لتر) لإجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم الموجودة في البحيرة في ذلك التاريخ عن طريق تحليل العينات؛ فيمكن على الفور حساب إجمالي الكميات Q و q (بالمليون طن) للمادة المذابة و لكلوريد الصوديوم على الترتيب، الموجودة في البحيرة في ذلك التاريخ عن طريق المعادلة البسيطة التالية:

لإجمالي المادة الصلبة المذابة $Q = VS / 1000$

لكلوريد الصوديوم $q = VS/ 1000$

في جدول (100) قمت بعمل هذه الحسابات لكل التواريخ التي تم فيها جمع عينات مياه البحيرة لتحليلها منذ 1906 حتى 1933. العمودان الأول والثاني من الجدول يمداننا بتواريخ جمع العينات وعدد العينات التي تم تحليلها. والعمودان الثالث والرابع يمداننا بمتوسط النسب – بالجرامات لكل لتر – من إجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم التي تم الكشف عنها بتحليل مجموعات العينات، حسبما ذُكرت سابقاً في جدول(80) من هذا الكتاب. في العمود الخامس نجد مناسيب سطح البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر في التواريخ المعينة، حسبما سجلتها وزارة الري، وقد جرى تخفيض منسوبها لقراءتها على مقياس شكشوك الحالي. العمود السادس فيه الأحجام المماثلة للبحيرة حسبما ذُكرت في جدول (80). العمودان السابع والثامن فيهما كميات إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم في البحيرة – بالمليون طن – وفقا لما حسبتُه بناء على المعادلة المذكورة آنفا.

عندما تم التحديد البياني لكميات إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم المذكورة في آخر عمودين من الجدول السابق، مقابل التاريخ على ورقة رسم بياني مربعة – كما هو موضح في شكل (45) يشاهَد على الفور أن كل حالة تُظهر ميلا شديد التميز لأن تتجه على امتداد خط في الرسم البياني، لا تعد انحرافات النقط عن الخطين في الحقيقة أكبر مما يمكن توقعه من جمع العينات غير التام، وست نقاط من العديد من النقاط المختارة تعد بالطبع جميعها قليلة جدا عن أن تنتج قيمة شديدة الدقة لمتوسط درجة ملوحة البحيرة ككل، خاصة إن أُخذت العينات من السطح حسبما كان الوضع مع العديد من العينات التي جمعتها إدارة خفر السواحل. من الواضح أن انحداريْ الخطين يمثلان المعدلات التي كانت تزداد بها كميات إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم على الترتيب في غضون الـ 72 سنة المذكورة في الرسم البياني. وسيلاحَظ أن الخطين غير مستقيمين تماما من أحد أطراف الرسم البياني حتى الطرف الأخر، لكنهما يُظهران تقعرا طفيفا لأعلى، والذي يعني بالطبع أن معدل زيادة الملوحة لم يظل ثابتا تماما على امتداد الفترة الزمنية البالغة 27 عاما، بل كان أبطأ بدرجة طفيفة جدا في بداية تلك الفترة، مقارنة بمعدلها فيما بعد. مع ذلك، منذ عام 1920 فصاعدا، نرى أن الخطين مستقيمان من الناحية العملية، ويُظهران أن معدلات الزيادة قد أصبحت ثابتة لحد كبير منذ ذلك التاريخ. وبالقياس من الرسم البياني، تتكون لدينا المعدلات المتوسطة للزيادة خلال فترة الـ27 سنة بأكملها، أي من 1906 –1933 في جدول (101).

بينما بالنسبة لمعدلات الزيادة خلال الـ 14 سنة الأولى من تلك الفترة – أي من 1906 إلى 1920 - يتكون لدينا جدول (102)

ولمعدلات الزيادة المتوسطة خلال الـ 13 سنة الأخيرة من تلك الفترة - أي من 1920 إلى 1930- يتكون لدينا جدول (103)

من المهم أن نفحص كيف أن متوسط معدلات الزيادة في المحتوى الملحي للبحيرة – كما استُنتج من تحديد نسب الملوحة في مياه البحيرة نفسها فيما بين عامي 1906 و1933 – تقارَن بمتوسط كميات إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم على الترتيب والتي قد تقدَّر أنها كانت تُحمل سنويا إلى البحيرة خلال تلك الفترة عن طريق المصارف الداخلة إليها. حيث أن معدل تصرُّف المصارف ومعدل ملوحة مياهها يتنوعان بشكل كبير حسب فصول السنة؛ فإننا لأجل هذا الغرض علينا أن نفرق بقدر الإمكان كم كان يبلغ معدل التصرف الشهري المتوسط للمصارف، وكذلك متوسط درجة الملوحة الشهرية في مياه المصارف عند نقطة دخول المياه إلى البحيرة خلال تلك الفترة. مع ذلك، لسوء الحظ لا توجد قياسات دقيقة للتصرف الشهري للمصارف إلا بدء من شهر يناير 1928 فصاعدا، وفيما يختص بملوحة مياه المصارف في النقاط (المواقع) التي توجد عند مسافات معتدلة من مصباتها؛ فإن التحديدات الحسابية الوحيدة التي تبدو أنها قد أُجريت منذ 1906 هي:

(1) سلسلة من التحليلات أجراها مستر لوكاس[52] على مياه مصرف الوادي ومصرف البطس في فبراير 1906، وفي مايو ويونيو 1907، ومن أغسطس 1907 حتى يناير 1908.

(2) سلسلة من التحليلات أجراها دكتور ويليامسون على مياه نفس المصرفين معظمها على فترات أسبوعية، خلال الشهور من فبراير إلى ديسمبر 1932، وفي يناير 1936[53]. وتمت معظم حسابات درجة الملوحة هذه من عينات لم تُجمع من عند نقاط دخول المصارف إلى البحيرة بل عند مسافات متنوعة (في بعض الحالات وصلت إلى 22 كم) أعلى المجرى من تلك النقاط.

تعد هذه البيانات بكل وضوح شديدة الضآلة لا تسمح بأن تكون قاعدة يُبنى عليها حساب دقيق لمتوسط كميات الأملاح التي تُنقل سنويا إلى البحيرة خلال الفترة التي نحن بصددها. مع ذلك في اعتقادي أنه من الممكن أن نستمد تقديرا تقريبيا منها. نظرا لأن متوسط الانخفاض الصافي السنوي لمنسوب البحيرة في الـ27 سنة الأخيرة (1926- 1933) كان أقل من 6 سنتيمترات، بينما كان مقدار التغير الصافي في منسوب البحيرة بين الأعوام 1928- 1933 صفرا؛ فإن المعدلات الشهرية المتوسطة لتدفق مياه الصرف نحو البحيرة خلال السنوات الثمان (1928 -1933) تمثّل في الغالب في حدود 3 في المائة تقريبا من المتوسطات لفترة الـ 27 سنة (1906- 1933). وكانت الظروف الزراعية في الفيوم شديدة الاستقرار في الثلاثين سنة الماضية لدرجة أن المتوسط الحسابي لدرجات الملوحة الشهرية لمياه المصارف خلال السنوات التي يتوافر لها التقديرات الحسابية لا تعد على الأرجح شديدة الاختلاف عن المتوسطات الشهرية لتلك الفترة الزمنية بأكملها. ولا بد من الإقرار بأن التحديدات الحسابية للملوحة التي كانت قد تمت على عينات جُمعت من نقاط تقع أعلى مصبات المصارف قد نقرُّ تقريبا بصحتها عن طريق إضافة معقولة – لتكن 5 %

– إلى الكميات المحسوبة من الأملاح المحمولة، لنعوض الملوحة المتزايدة للمصارف عند نقاط الدخول إلى البحيرة.

يمدنا الجدول التالي بمتوسطات التحديدات الحسابية المختلفة لدرجة الملوحة التي تمت في شهور مختلفة من السنة – بالجرام لكل لتر – في مياه المصارف التي تصرّف في البحيرة، كما تمدنا بمتوسط التصرف الشهري – بالمليون متر مكعب - للمصارف خلال الـ 8 سنوات (1928 – 1935) حسبما وفرتها مصلحة الأحوال الطبيعية، وبالكميات التقريبية – بالألف طن – لإجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم على الترتيب التي حُملت نحو البحيرة خلال الشهور المتعاقبة لسنة من السنوات، حسبما حُسبت بضرب متوسط درجات الملوحة للشهور المختلفة في متوسط التصرفات الشهرية المماثلة. سيلاحَظ أن الأرقام الخاصة بمصرف الوادي موجودة بشكل منفصل عن الأرقام الخاصة بمصرف البطس والمصارف الصغيرة، وذلك بسبب أن نظام مصرف الوادي يختلف نوعا ما عن نظم المصارف الأخرى؛ حيث يتسلم المياه المصرفة من محطة كهرباء العزب على مدار السنة، وبذلك يكون له تصرف أكبر بكثير من المصارف الأخرى خلال شهر يناير عندما يتم تعليق الري من أجل إجراء عملية التطهير السنوي للترع والقنوات. قد يلاحظ أنه لم يتم إجراء أي تحديد فعلي للملوحة في حالة المصارف الصغيرة، ويعد التصرف الكلي لها تقريبا حوالي سدس تصريف المصرفين الرئيسيين، لكن نظرا لأن نظام تشغيلها يعد مشابهًا لنظام مصرف البطس، فقد يبدو صائبا أن نفترض أن ملوحتها ستكون تقريباً نفس درجة ملوحة مياه مصرف البطس، وطبقا لذلك فقد وضعتها مع خانات مصرف البطس في جدول (104).

– مصرف البطس والمصارف الصغيرة

A - عند النزلة، الواقعة إلى الجنوب من مصب المصرف في البركة بنحو 22كم.

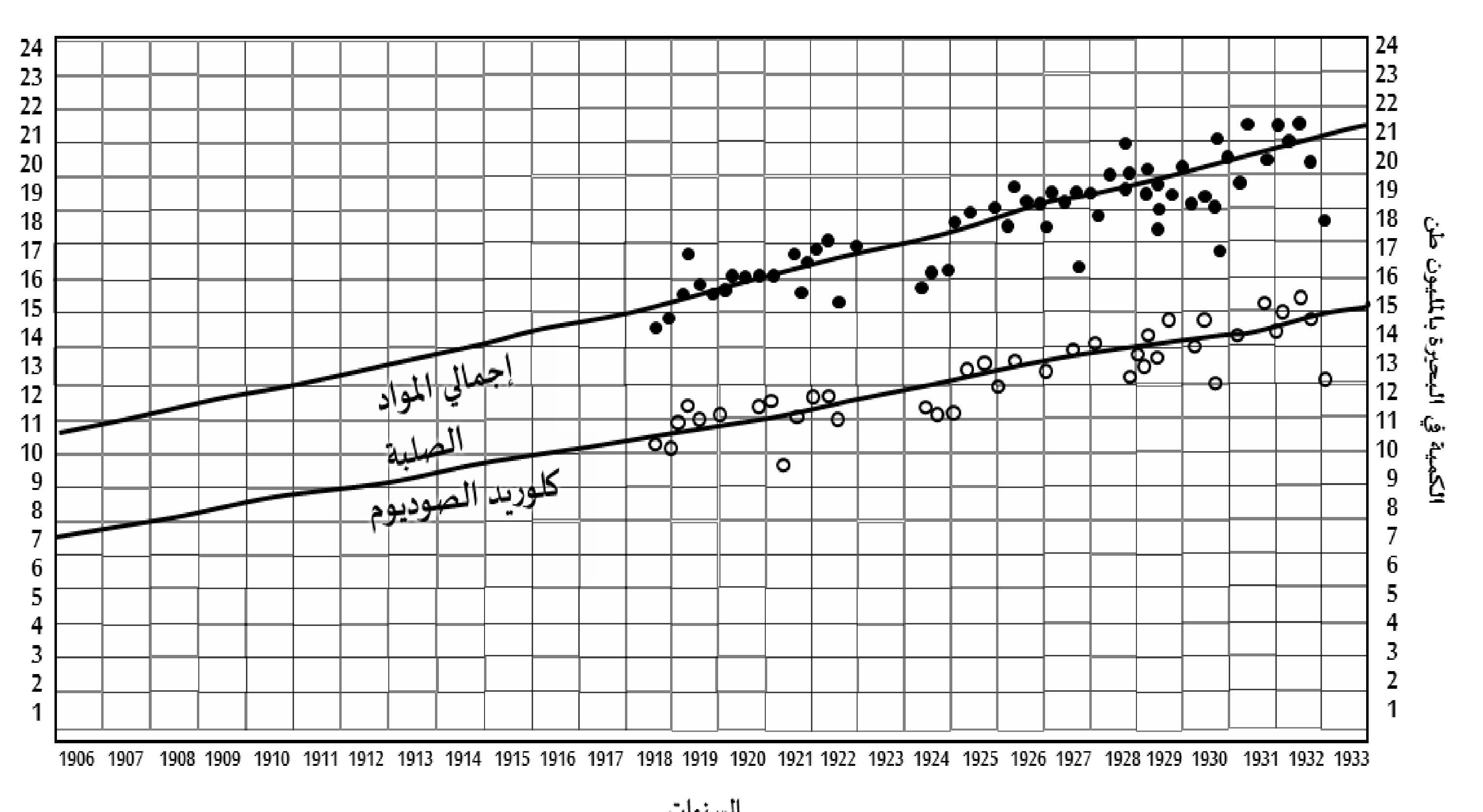
B- عند مسقط المياه في "كحك" الواقعة قبل مصب المصرف في البركة بنحو 9 كم.

C- عند المدخل إلى بحيرة قارون.

D- مصرف البطس، قبل المصب في البركة بنحو 5 كم.

E- مصرف البطس، عند قصر رشوان، قبل المصب في البركة بنحو 11 كم.

F- مصرف البطس، عند بلدة "طامية"، قبل مصب المصرف في البركة بنحو 18 كم.



شكل45: رسم بياني يوضح معدلات زيادة إجمالي حجم المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم المذابة في بركة قارون خلال الـ 27 سنة (1906- 1933) حسبما استُنتجت من تحديد نسب الملوحة خلال تلك الفترة. تبين النقط الكميات التي كُشف عنها بالحساب من مجموعات الست تحديدات في التواريخ المتعاقبة. النقاط الأكبر تمثل إجمالي المواد الصلبة. والنقاط الصغيرة تمثل كلوريد الصوديوم.

وبناءً على الحساب الآنف ذكره، يبلغ إجمالي الكمية التقريبية من المادة المذابة التي تحملها المصارف قبالة نقاط أخذ العينة 740.800 طن، منها 245.700 طن من كلوريد الصوديوم. مع ذلك، علينا أن نقر بحقيقة أن درجات ملوحة مياه المصارف التي قامت عليها الحسابات تم تحديدها بناءً على العينات التي جُمعت في حالات عديدة عند نقاط تقع أعلى مصبات المصارف بمسافات بعيدة، وأنه في مجاريها بدءًا من هذه النقاط حتى البحيرة، فإن مياه الصرف بالتأكيد قد اكتسبت درجة ملوحة أعلى نوعًا ما.

إن افترضنا - كتقريب معقول – أن الكميات الإضافية من إجمالي المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم التي اكتسبتها مياه الصرف في مساراتها الإضافية المتجهة نحو البحيرة وصلت إلى 5 في المائة من تلك الكميات الموجودة بالفعل فيها عند النقاط التي أُخذت منها تلك العينات، فسنحصل على الأرقام 494.000 و258.000 طن لإجمالي كميات المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم على الترتيب، تحملها المصارف سنويا إلى البحيرة. وبمقارنة هذين الرقمين الأخيرين مع الأرقام التي توصلنا إليها بالفعل الخاصة بالزيادة السنوية لإجمالي المحتوى الملحي في البحيرة بناءً على دراسة الملاحظات والاستنتاجات عن الملوحة التي تمت في البحيرة نفسها خلال الفترة 1906 حتى 1933، أي 370.000 طن لإجمالي المواد الصلبة المذابة و270.000 طن من كلوريد الصوديوم على الترتيب في السنة؛ فإننا سنجد أنه بينما هناك توافق فيما يختص بكلوريد الصوديوم فهناك إفراط واضح – يصل لحوالي الثلث - في كمية إجمالي المواد الصلبة المذابة التي تُحمل سنويا إلى البحيرة يزيد على تلك الكمية التي تعد ضرورية لتعليل الزيادة السنوية التي وُجدت في إجمالي المواد الصلبة المذابة في البحيرة نفسها.

مع ذلك، بعض الاختلافات من هذه النوعية يمكن أن نتوقعها على نحو صائب؛ حيث أنه بينما الكلوريدات - لكونها أملاح شديدة القابلية للذوبان – ستظل بالطبع ذائبة في مياه البحيرة، فإن بعض الأملاح الأقل قابلية للذوبان - مثل كربونات الكالسيوم - قد يتوقع أنها قد ترسبت جزئيا عندما اختلطت مياه البحيرة مع المحلول الأشد تركيزا من تلك الأملاح الموجودة بالفعل في البحيرة. قد يلاحظ بشكل عَرَضي أن التوافق القريب بين معدلات الزيادة السنوية في كمية كلوريد الصوديوم المذاب في البحيرة – حسبما اتضح من الملاحظات والقياسات التي تمت مباشرة على البحيرة نفسها وعلى المصارف المتدفقة إليها على الترتيب - يوفر لنا أساساً للاعتقاد أنه لم تُزل كمية كبيرة من الملح عن طريق الترشُّح الخارج من البحيرة في الوقت الحالي مهما كان الوضع في الماضي.

بعد أن تأكدنا بذلك – عن طريق الحسابات القائمة علي سلسلة مستقلة بالكامل من الملاحظات و التحليلات – من الدقة الحقيقية لمتوسط معدلات الزيادة التي وجدت بالفعل في إجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم على الترتيب، الموجودة في البحيرة خلال الفترة من 1906 إلى1933؛ يمكننا المضي ببعض الثقة في التنبوء بملوحة البحيرة التي يمكن توقع حدوثها في المستقبل، بافتراض أن كمية ودرجة ملوحة مياه الصرف التي تتدفق سنويا للبحيرة ستستمر في المستقبل فعليا بنفس كمية ودرجة الملوحة في الوقت الحالي.

لقد رأينا أن إجمالي كميات المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم الموجودة في البحيرة في حقبة العشرينات من القرن العشرين كانت 15.4 مليون طن و10.8 مليون طن على التعاقب، وأنه بين عام

1920 وعام 1933 كانت تزداد هذه الكميات بمعدلات ثابتة إلى حد كبير بمقدار 0.39 و0.28 مليون طن تقريبا سنوياً على الترتيب. وبذلك يكون إجمالي الكميتين Q و q بالمليون طن من المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم على الترتيب الموجودة في البحيرة في أي تاريخ Y في السنوات ما بين 1920 و 1930 يمكن أن تمثَّل بالمعادلات التالية:

لإجمالي المواد الصلبة $Q= 15.4 + 0.39 (Y- 1920)$

لكلوريد الصوديوم $q = 10.8 + 0.26 (Y -1920)$

وبافتراض أن معدل الزيادة يظل ثابتا، فنفس هاتين المعادلتين يمكن استخدامها كذلك لتمدنا بالكميتين Q وq لأي سنة تالية.

والآن بتذكُّرنا أن: $Q= VS / 1000 , q= vs/1000$

حيث v هي حجم البحيرة بالمليون كم مكعب، و S و s هما ملوحة مياه البحيرة بالجرامات لكل من إجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم على الترتيب لكل لتر، فيمكننا بوضوح أن نكتب على النحو التالي:

لإجمالي المواد الصلبة $S= 1000/V [15.4 + 0.39 (Y-1920)]$

لكلوريد الصوديوم $s= 1000/V [10.8 + 0.25 (Y-1920)]$

عبر هاتين المعادلتين سنتمكن من حساب مقدار ملوحة مياه البحيرة في أي تاريخ في المستقبل، بافتراض أن حجم البحيرة في ذلك التاريخ سيكون معلوما.

إن حجم البحيرة المماثل لأي منسوب معين فيما بين44 و 47 مترا تحت سطح البحر يمكن أن يؤخذ بالطبع بالرجوع إلى جدول (80)، أو باعتبار أن حجم البحيرة V عند أي منسوب L فيما بين 44 و47 متراً تحت سطح البحر يمكن التعبير عنه بالمليون متر مكعب عن طريق المعادلة التالية:

$$V= 422+166(47-L)+12(47-L)^2$$

فيمكننا الاستغناء عن استخدام جدول الأحجام ونكتب المعادلة على النحو التالي:

لإجمالي المواد الصلبة:

$$S= 1000[15.4 + 0.39 (Y – 1920)] / 422 + 166(47- L) + 12 (47-L)^2$$

ولكلوريد الصوديوم:

$$s= 1000[10.8 + 0.28 (Y- 1920)] / 422+ 166 (47 – L)+ 12 (47 –L)^2$$

وستمدنا المعادلتان الأخيرتان مباشرة بدرجة ملوحة مياه البحيرة في أي تاريخ مستقبلي عندما يكون مستوى سطحها يتراوح ما بين44 و47 متر تحت سطح البحر، بافتراض أن كمية وطبيعة الأملاح التي تُحمل سنويا إليها عن طريق المصارف في المستقبل ستظل كما هي بالكمية والطبيعة في الوقت الحالي.

يوضح جدول (105) ما الذي ستصل إليه مقادير الملوحة التقريبية في البحيرة، من إجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم بالجرام لكل لتر على الترتيب، عند بداية الأعوام 1940 – 1950 – 1960 – 1970 عند مناسيب مختلفة لسطح البحيرة، بعد حسابها من المعادلات الافتراضية السابقة.

كانت أعلى وأدنى المناسيب السنوية للبحيرة خلال العشرين سنة (1916- 1935) 44.86 م و45.58 م دون سطح البحر على الترتيب، وكانت البحيرة تصل لأعلى منسوب لها في السنة عادة في منتصف شهر مارس، وتصل لأدنى منسوب لها في السنة في نهاية شهر أغسطس تقريبا إذا افترضنا أيضا – بالإضافة إلى افتراض أن كمية الأملاح التي تحملها المصارف سنويا إلى البحيرة ستستمر بنفس معدلها الحالي – فإن الأرقام التي ذكرناها للتو ستشمل أيضا أعلى وأدنى مناسيب للبحيرة في السنوات 1940 – 1950 – 1960 – 1970 فإننا سنحصل من المعادلات السابقة على القيم التقريبية لأعلى وأدنى ومتوسطات درجات ملوحة البحيرة في تلك السنوات، جدول (106).

وحيث أن مياه المحيط تحتوي في المتوسط على 35 جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر - منها 27.2 جم لكلوريد الصوديوم – فسيتضح بناء على الأرقام المذكورة آنفا أن مياه بركة قارون ستحتوي في المتوسط على نفس نسبة إجمالي المواد الصلبة الموجودة في المحيط في عام 1948، ونفس نسبة كلوريد الصوديوم الموجودة في المحيط بحلول عام 1952. وبالتقدير الاستقرائي من الجدول، يمكننا الاستنتاج أنها ستحتوي على الأرجح على ضعف نسبة إجمالي المواد الصلبة المذابة الموجودة في المحيط بحلول عام 2015، وضعف نسبة كلوريد الصوديوم الموجود في المحيط بحلول عام 2026.

الفاقد من المياه في بركة قارون

لو أن تدفقاً قدره m مليون متر مكعب من مياه الصرف قد دخل إلى البحيرة خلال فترة معينة، فإن سُمك طبقة المياه بالملليمتر t التي ستضاف إلى البحيرة ستكون $10m/A$، حيث A هي مساحة سطح البحيرة بالكيلومترات المربعة المماثلة لمتوسط منسوب البحيرة خلال تلك الفترة.

(يمكن أن تؤخذ قيمة A بالكيلومترات المربعة لأي منسوب من مناسيب البحيرة ما بين 44 متر و47 متر تحت سطح البحر، من جدول (80) عن المساحات والأحجام، أو يمكن حسابها عن طريق المعادلة التجريبية $A = 166 + 24 \ (47 - L)$، حيث L هو منسوب البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر). وإذا هطلت خلال تلك الفترة أمطار قدرها r ملليمتر علي البحيرة، فإن إجمالي سُمك طبقة المياه التي تضاف خلال هذه الفترة ستكون $t+ r$ملليمتر، بحيث إنه لو لم يحدث نقصان للمياه فإن منسوب البحيرة سيرتفع بهذا المقدار. لكن إن افترضنا الآن أنه بدلا من ارتفاعه – حسبما سيحدث إن لم يكن هناك فقدان للمياه من البحيرة – فسيلاحَظ أن منسوب البحيرة قد انخفض في الواقع بمقدار f ملليمتر خلال هذه الفترة.

وبالتالي من الواضح أن إجمالي فقدان المياه من البحيرة خلال هذه الفترة – معبراً عنه بالمليمتر من منسوب البحيرة – لا بد أنه سيكون t+ r + f.

ومن ناحية أخرى، إذا لوحظ أن منسوب البحيرة قد ارتفع خلال هذه الفترة – برغم أن الارتفاع سيكون بكمية أصغر من r + t – فقد يمكننا اعتبار الارتفاع انخفاضا سلبيا، و سيظل الحساب t + r + f لإجمالي فقدان المياه من البحيرة خلال تلك الفترة – معبرا عنه بالمليمترات من منسوب البحيرة – صحيحا ومؤديا لغرضه الحسابي.

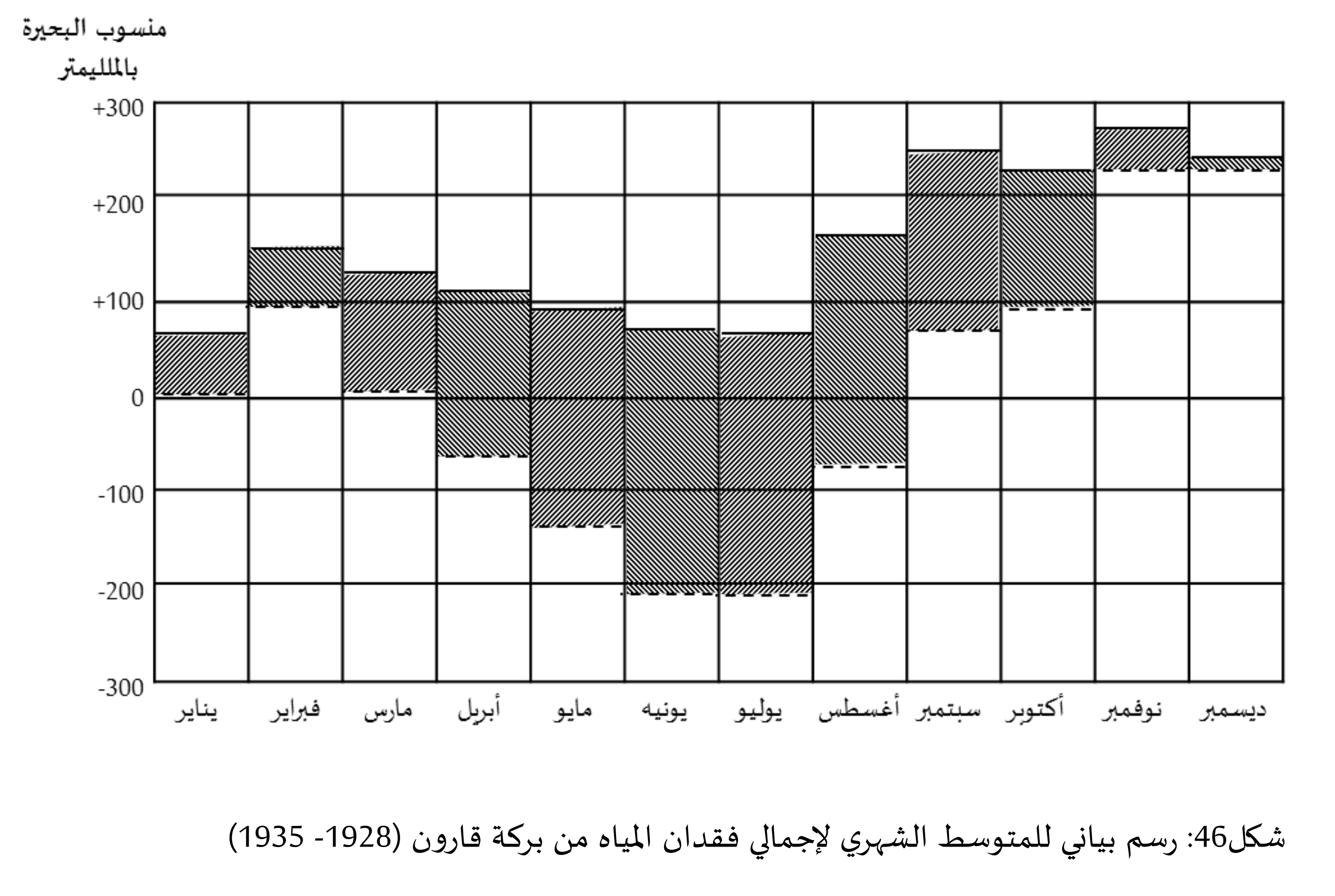
لذلك يمكننا بسهولة تحديد إجمالي الفقدان الشهري للمياه من البحيرة - بصرف النظر عن السؤال عن كيفية حدوث هذا الفقدان – بشرط أن نعرف متوسط منسوب البحيرة لكل شهر، والمقدار الذي ارتفع أو انخفض عنده منسوب البحيرة، وحجم مياه الصرف التي دخلت إليها، وكمية الأمطار التي هطلت على سطحها.

إن متوسط مقادير فقدان المياه الشهرية من البحيرة خلال الثمانية أعوام 1928 -1935، بالإضافة إلى البيانات التي قامت عليها هذه الحسابات، مذكورة بالمليمترات من منسوب البحيرة في جدول (107) والذي تم فيه حساب متوسط مقادير الانخفاض المسجلة في منسوب البحيرة خلال الشهور المختلفة من القراءات اليومية للمقياس التي قامت بها مصلحة الأحوال الطبيعية، وهناك علامة سالب تشير إلى ارتفاع بدلا من انخفاض.

وفي هذا الجدول تم حساب أعماق المياه المتدفقة عن طريق ضرب الأرقام في العمود الرابع من الجدول في 1000، وبقسمة الناتج على الأرقام في العمود الثالث، وفي النهاية إجمالي الفقدان الشهري من المياه الموجود في العمود الأخير قد حصلنا عليه بإضافة جبرية للأرقام في العمودين قبل الأخير.

سيلاحظ من قيم الإجمالي المدونة في نهاية الجدول السابق أن متوسط الإجمالي السنوي لفقدان المياه من البحيرة – الذي بلغ 1784 ملليمتر من منسوب البحيرة – يعد أقل بمقدار 11 ملليمتر عن مجموع متوسط إجمالي التدفق السنوي وسقوط الأمطار السنوي، واللذين يصلا معا إلى 1795 ملليمتر. وذلك بسبب أنه خلال الثمانية أعوام التي تمت فيها الملاحظات والقياسات كان هناك في المتوسط ارتفاع صاف سنوي لسطح البحيرة قدره 11 ملليمتر، وفي الواقع كان منسوبها في يوم 1 يناير 1922 هو 42.810 متر تحت سطح البحر، بينما في 31 ديسمبر 1935 كان منسوبها 44.720 مترا فقط.

إن متوسط إجمالي فقدان المياه في الشهور المختلفة موضح في المناطق المظللة في الرسم في شكل 37، الذي فيه مسافات الخطوط الأفقية العليا فوق خط الصفر تشير إلى الأعماق المكافئة لمتوسط التدفقات بالإضافة إلى هطول الأمطار في الشهور المختلفة، والمسافات للخطوط الأفقية السفلى (المنقطة) أو تحت الصفر تشير إلى متوسط الارتفاعات أو الانخفاضات الشهرية لسطح البحيرة.



شكل46: رسم بياني للمتوسط الشهري لإجمالي فقدان المياه من بركة قارون (1928- 1935)

جدول (108) – الذي جمعتُه بناء على بيانات أمدتني بها المصلحة الفيزيقية - فيه إجمالي معدلات التبخر الشهرية والسنوية التي سُجلت في الصهريج البالغة أبعاده 1 م^2 خلال كل سنة على امتداد الفترة 1928 – 1935، مضافا إليها المتوسطات المماثلة للسنوات الثماني.

بالطبع هناك حقيقة معروفة جيدا أنّ معدل التبخر من الماء الموجود في صهريج طاف يعد أكثر سرعة من معدل التبخر من سطح مائي مفتوح مثل البحيرة، بسبب أثر فوهة الصهريج في تغير تيارات الهواء حوله. ولكي نحول التبخر المسجَّل من صهريج طاف إلى ذلك التبخر الذي يحدث من سطح بحيرة مفتوح تحت نفس الظروف الجوية، فمن الضروري أن نضرب معدل التبخر المسجل من الصهريج في مُعامل يعد دائما أقل من مُعامل الاتحاد، والذي يتنوع لحد كبير حسب حجم الصهريج والظروف الجوية. إن التقدير الحسابي للمُعامل الذي يُستخدم لأي صهريج ولأي ظروف جوية يعد أمرا شديد الصعوبة، ومن الأرجح أن أفضل طريقة للوصول إليه هي عن طريق عمل ملاحظات مقارنة مع صهاريج مشابهة ومختلفة الأحجام. الملاحظات التي سجلتها مصلحة الأحوال الطبيعية في 1924 لمعدلات تبخر المياه العذبة من صهريجين، أحدهما كان مترا مربعا والثاني كان مترين مربعين، وكلاهما كان يطفو في خزان مائي كبير بالعباسية بالقرب من القاهرة، أمدتنا بالنتائج التالية جدول (109)، التي مصدرها قراءات سُجلت يومياء على امتداد السنة.

وبذلك يبدو أنه عند القاهرة – حيث الظروف المناخية مشابهة جدا للظروف المناخية في الفيوم – متوسط التبخر من صهريج طافٍ أبعاده 2م^2 هو 0.88 من متوسط التبخر من صهريج طافٍ مشابه أبعاده 1م^2. إن أثر فوهة الصهريج في زيادة معدل التبخر سيتضاءل بسرعة مع زيادة حجم الصهريج، وقد نستنتج على نحو صائب أن التبخر من صهريج أبعاده فائقة الاتساع أو من سطح بحيرة مفتوحة – سيكون حوالي 0.80 من ذلك التبخر من صهريج أبعاده 1م^2.

إذاً، باتخاذ 0.80 كمعامل لتقليل معدل التبخر المسجل في حالة الصهريج الطافي 1م^2 إلى معدل التبخر من البحيرة، علينا فقط أن نضرب الأرقام في العمود الأخير من جدول (109) في 0.80 لكي نحصل على متوسط إجمالي التبخر الشهري والسنوي من البحيرة بالمليمترات. إن أخذنا أولا التبخر السنوي من الصهريج ذي الأبعاد 1 م^2، الذي نجد أن رقم متوسطه الحسابي هو 2217 ملليمتر، فإن ضربه في معامل 0.80 ينتج عنه 1774 ملليمتر لمتوسط إجمالي التبخر السنوي من البحيرة، وهو رقم يتطابق بشكل قريب مع 1784 ملليمتر الذي استنتجناه من متوسط الإجمالي السنوي لفقدان المياه من البحيرة ، الذي منه قد نستنتج أيضاً على نحو صائب – لو أن المتوسطات السنوية كانت هي البيانات الوحيدة المتاحة لعمل المقارنة – أن كل المقادير المفقودة من المياه كانت قابلة لأن تُعزى إلى التبخر من البحيرة. لكن إجراء مقارنة للمتوسطات الشهرية للتبخر وإجمالي المقادير المفقودة يبين أن هذا الاستنتاج أبعد ما يكون عن الحقيقة. على سبيل المثال، التبخر من البحيرة خلال شهر ديسمبر يبلغ مقداره 58 ملليمتر بينما إجمالي فقدان المياه من البحيرة خلال ذلك الشهر كان 11مليمتر فقط، وبالنسبة لشهر يونيو بلغ مقدار التبخر 225 ملليمتر بينما إجمالي فقدان المياه خلال ذلك الشهر قد وصل إلى 267 ملليمتر.

هذه الفروق الكبيرة لا يمكن تعليلها بافتراض أن معامل التخفيض 0.80 هو خطأ، أو أنه يختلف بعض الشيء مع اختلاف الفصل السنوي، حيث إنه لكي نحصل على توافق بين أرقام التبخر الشهري وأرقام إجمالي فقدان الماء الشهري بهذه الطريقة؛ فلابد من أن نفترض أن المعامل يتغير من حوالي 0.95 في شهر يونيو إلى حوالي 0.15 في شهر ديسمبر، وهو نطاق من التغير لا يُتصوَّر تماماء وكذلك لا يمكن تعليلها عن طريق أي قدر معقول عن الخطأ في البيانات المسجلة وملاحظاتها (أي تصرُّفات المصارف ومناسيب البحيرة) التي استخدمناها في حسابنا لإجمالي المقادير المفقودة شهريا من الماء. وكذلك لا يمكن أن تكون ناتجة عن " تخزين الضفة " - أيْ تسيُّل المياه لخارج البحيرة نحو الأراضي المحيطة عندما يرتفع منسوب البحيرة، ثم رجوع ذلك القدر المتسيل من المياه من الأراضي المحيطة إلى البحيرة عندما ينخفض منسوبها - لأن الفروق هي الإشارة المعاكسة التي تُضاد ما يتطلبه هذا التعليل. يتخطى إجمالي فقدان الماء من البحيرة بدرجة فائقة معدل التبخر في يونيو عندما تكون البحيرة في أشد مناسيبها انخفاضا في السنة، ويكون فقدان الماء أدنى من معدل التبخر بكثير في شهر ديسمبر عندما لا يكون منسوب البحيرة أدنى بكثير من أعلى مستوى له في السنة.

إن الاستنتاج الجائز الوحيد الذي يمكن الخروج به من تلك الفروق هو أن البحيرة لا بد أن تتسلم إمدادات أخري من المياه بجانب تلك الإمدادات التي تُحمل إليها عن طريق المصارف في الشتاء، وأن تفقد كميات إضافية من المياه بجانب تلك الكميات التي تتلاشي منها بسبب التبخر من سطحها في الصيف. ونظرا لأن حجم هذه المقادير الإضافية – من الزيادة والنقصان – من مياه البحيرة قد تم التأكد أنها فروق متبقية عن توازن إجمالي كميات المياه المفقودة من البحيرة خلال الشهور المختلفة مقابل كميات المياه المفقودة منها عن طريق التبخر خلال الشهور نفسها؛ فقد يمكننا باقتناع شديد أن نشير إليها باعتبارها متبقات عن مقادير مفقودة وزائدة.

في شكل (48) نجد رسما بيانيا يبين المقارنة بين متوسط التبخر الشهري ومتوسط إجمالي فقدان المياه الشهري. في ذلك الرسم البياني تمثل الخطوط الأفقية المنقطة مقادير التبخر، والخطوط الكاملة تمثل إجمالي المقادير المفقودة من المياه. المناطق المنقطة تمثل متوسط فضالة المقادير الزائدة من المياه التي تضاف إلى البحيرة، والمناطق المعلَّمة بخطوط مائلة تمثل المتبقى من المقادير المفقودة من المياه.

في اعتقادي أن فُضالة المقادير الزائدة والمفقودة من مياه البحيرة يمكن تفسيرها في الحال بأن هناك ترشحا من مياه الصرف الإضافية الزائدة إلى البحيرة من الأراضي المروية التي تقع جنوبها من ناحية، وترشحا للمياه من البحيرة نحو الأراضي الرملية وأراضي المستنقعات الموجودة على امتداد حدودها الشمالية والشرقية (حيث تُفقد تلك المياه عن طريق التبخر) من ناحية أخرى. كلا هذين الترشُّحين يستمران على امتداد العام، لكن بمعدلات مختلفة في فصول السنة المختلفة بحيث ينتج عنهما أن تترشح مياه الصرف نحو الداخل بشكل سائد في الشتاء وأن تترشح مياه البحيرة نحو الخارج بشكل سائد في الصيف.

منسوب البحيرة
بالملليمتر

300
200
100
0

شكل47: المقادير المفقودة بالتبخر مقارنة مع إجمالي المقادير المفقودة من المياه
من بركة قارون 1928- 1935

ترشُّح مياه الصرف الإضافية من الأراضي المروية نحو البحيرة قد يُتوقع أن تتنوع كميتها حسب كمية مياه الري التي تذهب إلى الأراضي في فصول مختلفة، ومن ثم فهو يتَّبع منحنى سنوي نوعا ما مشابها لمنحنى إمدادات مياه الري للمديرية. وبالتالي فإن مقدار الترشح سيكون ضئيلا جدا في شهر يناير عندما تُغلق ترع وقنوات الري من أجل عمليات التطهير السنوي، وسيكون كبيرا في فبراير عندما تدخل الإمدادات الكبيرة من مياه الري إلى المديرية، وأقل في الأشهر اللاحقة (مارس إلى يوليو) وشديدة الكبر في الشهور (أغسطس إلى ديسمبر) عندما تكون إمدادات مياه الري في أغزر أحجامها. من ناحية أخرى، قد يُتوقع أن يكون ترشح المياه الخارجة من البحيرة أكبر ما يمكن عندما يكون التبخر من الأراضي الرملية وأراضي المستنقعات حول حواف البحيرة شديد السرعة، لأنه بالطبع كلما زادت سرعة التبخر من هذه الأراضي كلما كبُر مقدار الترشح اللاحق للمياه من البحيرة نحو تلك الأراضي لتعوض الفاقد من المياه. لذلك، قد نستنتج أن معدل الترشح خارج البحيرة سيتبع مسارَ منحنى سنوي مشابه تقريباٍ لذلك المنحنى الخاص بالتبخر من البحيرة نفسها، أي أنه سيكون ضئيلا في يناير وفبراير، وكبيرا في مارس وأبريل، وكبيرا جدا من مايو إلى سبتمبر، ثم يتناقص تدريجياٍ حتى يصل إلى أدنى درجة له في شهر ديسمبر.

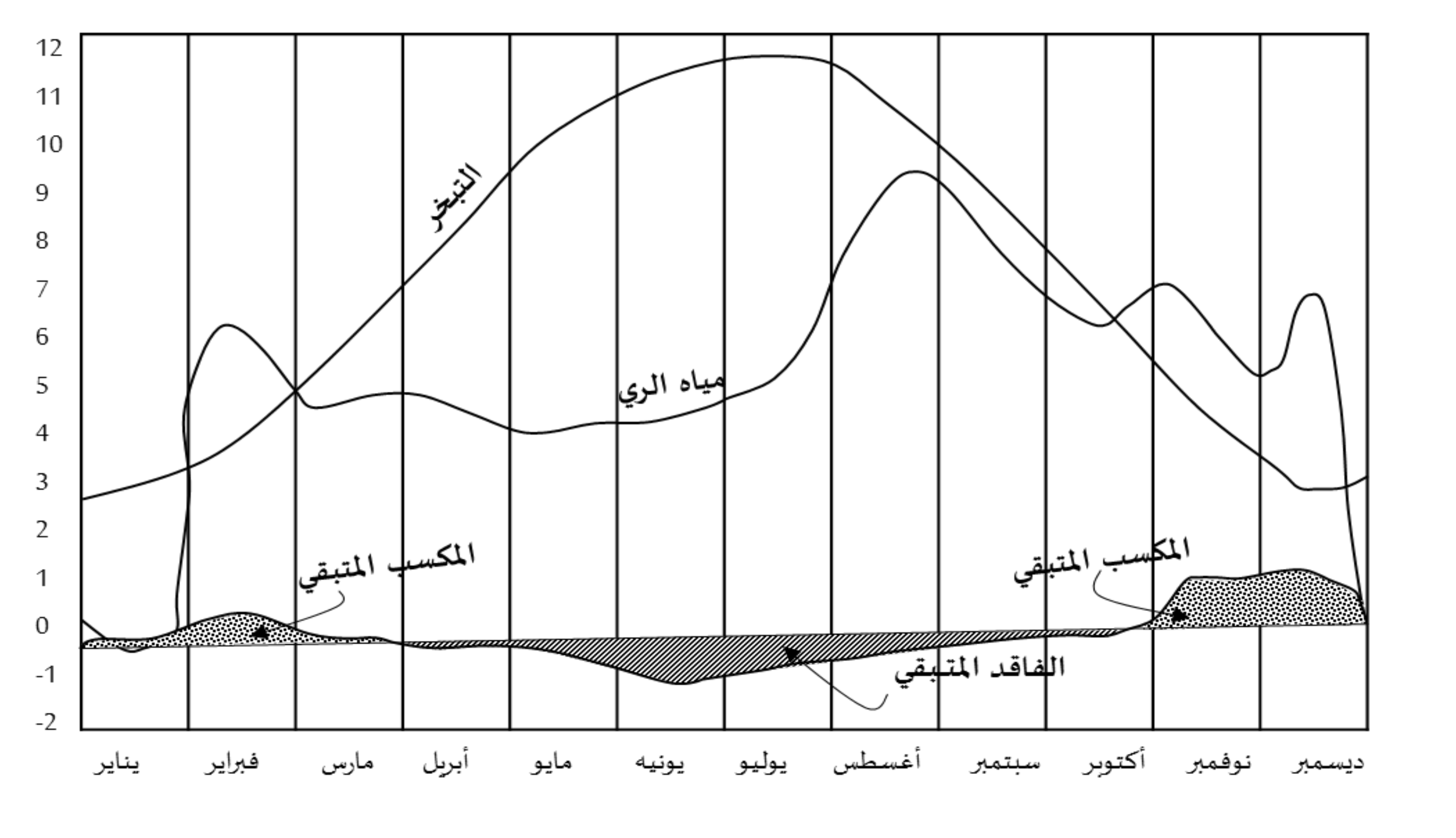
النتيجة النهائية لحالة التوازن المتغيرة فيما بين هذين الفعلين المتضادين – ترشح مياه الصرف الزائدة إلى البحيرة من الأراضي المروية (مكوِّنة ما قد نسميه الصرف الخفي إلى البحيرة) من ناحية، والترشح الخارج لمياه البحيرة نحو الأراضي الرملية والمستنقعات المتاخمة للبحيرة من ناحية أخرى – هي أن تتسبب في أن تنال البحيرة كميات كبيرة من المياه في شهور الشتاء (ماعدا شهر يناير عندما يقل الترشح إلى داخل البحيرة بدرجة كبيرة بسبب إغلاق قنوات الري) وفي أن تفقد البحيرة كميات كبيرة من المياه في شهور الصيف. وسيتضح هذا من شكل (49)، حيث المنحنيات السنوية للتغيرات في إمدادات مياه الري إلى المديرية، والتبخر من سطح البحيرة، وفضالة المقادير الزائدة أو المتناقصة من مياه البحيرة، قد رُسمت بيانيا وتحددت مواقعها بمقاييس رأسية مختلفة في رسم بياني واحد حتى تتم المقارنة بينها. سيلاحَظ في الرسم البياني أن مواسم المتبقي من المقادير الزائدة والناقصة من مياه البحيرة تماثل على الترتيب المواسم التي يكون فيها منحنى مياه الري أعلى وأسفل منحني التبخر، كذلك في شهر يونيو، عندما يكون مقدار المتبقي من الماء من البحيرة في أعلى درجاتها، فإن منحنى التبخر يصل لأعلى بُعد له فوق منحنى مياه الرى.

يتبقى أن نبحث فيما اذا كانت كميات المياه المطلوبة – بناء على التعليل السابق – التي تدخل وتغادر البحيرة على الترتيب عن طريق الترشح في فصول مختلفة من السنة، تمر فعليا لداخل وخارج البحيرة بهذه الطريقة، التي نعتقد في صحتها. إننا في هذا البحث مشوشون إلى حد ما بسبب أن بياناتنا التي قامت على الملاحظات المسجلة تمكننا فقط من التقدير المباشر للفروق بين الكميتين عند الفصول المختلفة وليس بين الكميات نفسها. مع ذلك، باستطاعتنا أن نتوصل بسهولة إلى القيم القصوى التقريبية للكميات، عن طريق افتراض أنه عندما يكون الترشح لداخل البحيرة عند أقصى درجاته، يكون الترشح إلى خارج البحيرة تافها لا يُذكر من الناحية العملية، والعكس صحيح.

إن متوسط أقصى كمية من مياه الصرف الزائدة التي يتطلبها تفسيرنا لدخول البحيرة عن طريق الترشح في شهر واحد هو 9.8 مليون متر مكعب في شهر ديسمبر. متوسط كمية مياه الري التي تدخل مديرية الفيوم خلال هذا الشهر تعد 140 مليون متر مكعب، ومتوسط كمية مياه الصرف التي تدخل –

عيانا – بركة قارون عن طريق المصارف خلال الشهر نفسه تعد 48.3 مليون متر مكعب، ونسبة الترشح لداخل البحيرة إلى مياه الري تصل لحوالي 1 إلى 14، ونسبة الترشح لداخل البحيرة إلى مياه الصرف – المعايَنة – الداخلة للبحيرة تصل لحوالي 1 إلى 5، ولا يبدو أن كلا النسبتين كبيرة بدرجة غير معقولة عندما ننظر إلى الأرض الواقعة بين البحيرة والأراضي المروية (حوالي 50 كم) التي تقدمها الأراضي المروية للبحيرة.

إن أقصى كمية من مياه البحيرة، التي يتطلبها تفسيرنا لمغادرة البحيرة عن طريق الترشح لخارجها نحو أراضي المستنقعات، ولتتبخر هناك في شهر واحد هي 8.7 مليون متر مكعب في شهر يونيو، والتي تماثل انخفاضاً في منسوب سطح البحيرة قدره 42 ملليمتر. ومتوسط التبخر من البحيرة خلال ذلك الشهر هو 267 ملليمتر. وكمية المياه التي نفترض أنها ستتلاشى منها وتتبخر في أراضي المستنقعات تماثل حوالي 16 في المائة من تلك المياه التي تتبخر من البحيرة نفسها، وهي نسبة تبدو بأية حال شديدة الكبر عن أن نعتمدها عندما نضع في اعتبارنا امتداد أراضي المستنقعات حول البحيرة (أكثر من 7 كيلو مربع من تلك الأراضي تغمرها البحيرة في الشتاء وتنحسر عنها في الصيف عن طريق الارتفاع و الانخفاض السنويين لمنسوب البحيرة، بينما يوجد 24 كيلو متر مربع إضافية تقع عند مستويات أقل من متر فوق منسوب البحيرة في الشتاء)، والتبخر السريع الذي يحدث خلال فصل الصيف في مصر من الأرض يوفر إمداداً جيداً من المياه الجوفية. وبالطبع لو أن مثل هذه الكمية الكبيرة من المياه – حسبما يفترض تفسيرنا أنها تترشح من البحيرة لخارجها خلال شهور الصيف - قد استُنفدت ومعها محتواها من الأملاح المذابة، فيجب أن نتوقع أن هذا التلاشي للأملاح يُبدي أثراً يمكن رؤيته وإدراكه بدرجة كبرى في تقليل معدل زيادة ملوحة البحيرة من عام إلى آخر. ونظرا لأن مياه البحيرة تحتوي حاليا على نسبة من كلوريد الصوديوم المذاب يعادل تقريبا 28 ضعف نسبته في مياه الصرف الداخلة للبحيرة، وكمية مياه الصرف التي تدخل سنويا للبحيرة عن طريق المصارف بالإضافة إلى مقدار المياه المترشحة التي يبلغ تقريبا 400 مليون متر مكعب، فإن ترشحا سنويا لخارج البحيرة قدره حوالي 14 مليون متر مكعب من مياه البحيرة - لو تم تلاشي كل الأملاح المذابة في هذه المياه المترشحة الخارجة من البحيرة - سيكبح تماما زيادة ملوحة البحيرة. لكن ذلك لا يحدث حيث أن المياه المترشحة لخارج البحيرة تترك أملاحها في أراضي المستنقعات بفعل التبخر هناك، ومع ارتفاع وانخفاض منسوب البحيرة سنويا فإن هذه الأملاح تعود ثانية إلى داخل البحيرة. وفي الحقيقة، إن الزيادة الملحوظة المتصاعدة في المحتوي الملحي في البحيرة من عام إلى آخر توفر لنا أقوى دليل ممكن على أنه في العصر الحالي لا يوجد أي انتقال جوفي لمياه البحيرة لما وراء نطاق أراضي المستنقعات في المنطقة الملاصقة تماما للبحيرة نفسها.



شكل48: العلاقة بين إمدادات مياه الري إلى الفيوم والتبخر من بركة قارون وفضالة المياه الزائدة والمفقودة من البحيرة. مقاييس الإحداثي الرأسي إلى المنحنيات: مياه الري – قسم لكل مليون طن من المياه يوميا – التبخر – قسم لـ 20 مم من منسوب البحيرة لكل شهر – مقادير فضالة المياه المكتسبة والمفقودة من البحيرة – قسم لـ 50 مم من منسوب البحيرة لكل شهر.

الصرف الجوفي من بركة قارون في الماضي

بينما التقارب الشديد بين المعدل المسجل لزيادة إجمالي محتوي البحيرة من كلوريد الصوديوم منذ عام 1918 وبين المعدل المقدَّر الذي يُحمل به كلوريد الصوديوم إلى البحيرة عن طريق المصارف، يدل بوضوح أنه لا يوجد انتقال محسوس للمياه في جوف الأرض يحدث من البحيرة إلى المنخفضات الأخرى في الصحراء في العصر الحالي؛ فإن هناك سببا معقولا للاعتقاد أن كميات كبيرة من المياه ربما تكون قد اختفت من البحيرة بهذه الطريقة في الماضي عندما بلغت البحيرة مناسيب شديدة الارتفاع. حيث إنه يمكن توضيح أنه إذا – بالإضافة إلى كمية كلوريد الصوديوم التي كانت تحتويها البحيرة بالفعل في نهاية فترة خفض مستواها في العصر البطلمي- كان كل كلوريد الصوديوم الذي دخل للبحيرة لاحقا قد ظل فيها، فإن ملوحة مياه البحيرة ستكون الآن أكبر بكثير عما هي عليه بالفعل والطريقة الوحيدة التي يمكن بها افتراض أن كلوريد الصوديوم قد تلاشى بشكل دائم من البحيرة هي عن طريق الصرف الجوفي الذي حدث من البحيرة نحو منخفض آخر أقل منها في المستوى.

عند بداية خفض منسوب البحيرة في العصر البطلمي، قد نفترض أن أدنى منسوب للبحيرة كان يماثل تقريبا منسوب التحاريق عند بني سويف في ذلك الوقت أي حوالي 18 متر فوق سطح البحر. وكان حجم البحيرة وقتها حوالي 49 كيلو متر مكعب، ونظرا لأن ملوحة مياه البحيرة ستكون ثابتة عند درجة تعادل مرتين ونصف ملوحة مياه فيضان النيل، أو لنقل 20 جزء من كلوريد الصوديوم في المليون، لمدة زمنية طويلة حتى الفترة التي انقطع فيها الاتصال الحر (جيئة وذهابا) بين البحيرة والنيل؛ فلابد أن البحيرة عند فترة هذا الانقطاع قد احتوت على حوالي 20 x49.000 x 980.000 طن من كلوريد الصوديوم. وللحصول على إجمالي كمية كلوريد الصوديوم الموجودة في البحيرة عند نهاية فترة الخفض البطلمي، فلابد بالطبع أن نضيف لهذا الرقم قدرا من الأملاح الموجودة في مياه الصرف التي دخلت للبحيرة خلال الـ 20 أو 30 سنة التي ربما قد استغرقها الخفض لمنسوب البحيرة في العصر البطلمي، والذي بتقدير ضئيل ربما وصل لحوالي 60.000 طن، مكوِّنا في الإجمال ما يزيد على مليون طن لإجمالي وزن كلوريد الصوديوم الموجود في البحيرة عندما تم تخفيض منسوبها لحوالي مترين تحت سطح البحر.

ولكي نحاول تكوين مقدار تقريبي لإجمالي الوزن الإضافي لكلوريد الصوديوم الذي دخل إلى البحيرة منذ انتهاء الخفض البطلمي، أي منذ عام 150 ق.م تقريبا، فعلينا بالطبع أن نضع في حسابنا أن ملوحة مياه الصرف التي دخلت البحيرة لابد أنها كانت أقل بكثير في العصور السابقة عندما كان يتم العمل بنظام ري الحياض مقارنة بالعصر الحالي الذي نتّبع فيه نظام الري الدائم من ناحية، ومن ناحية أخري علينا أيضا أن نضع في حساباتنا أنه بسبب المناسيب المرتفعة، وبالتالي المساحة الأكبر، للبحيرة في العصور الماضية، فإن كمية المياه التي دخلت كل سنة للبحيرة لا بد أنها كانت أكبر بكثير من مقدار المياه التي تدخل لها حاليا، وإلا ما كانت البحيرة قد ظلت محافظة على هذه المناسيب العليا لأي فترة زمنية مهما كان طولها (بافتراض أن معدل التبخر ظل ثابتا). وفيما يتعلق بملوحة المياه التي دخلت للبحيرة في العصور السابقة، فمن الصعب أن نكوِّن أي تقدير لدرجتها بدقة شديدة. لكن بالكاد نستطيع أن نفترض في المتوسط أنها كانت أدنى من جزء من عشرين جزء من ملوحة مياه الصرف في الفيوم حاليا، ونظرا لكون متوسط ملوحة

مياه الصرف حاليا عند دخولها البحيرة يساوي تقريبا 760 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم، فهذا سيمدنا بمتوسط قدره 38 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم كمتوسط لدرجة الملوحة الداخلة للبحيرة في الفترة ما بين عصر بطليموس الثاني وعصرنا الحالي. قد يلاحَظ أن هذه النسبة تساوي تقريبا المتوسط الحسابي فيما بين أقصى نسبة وأدنى نسبة سجلها مستر لوكاس في العينات التي جمعها من مياه الصرف بصعيد مصر على فترات نصف شهرية (كل اسبوعين) خلال السنتين 1907 و1908[54]. وفيما يتعلق بمتوسط منسوب ومساحة بحيرة الفيوم فيما بين عصر بطليموس الثاني وعصرنا الحالي، فستدلنا دراسة المناسيب التقريبية للبحيرة التي وجدناها عند حقب مختلفة (2 متر تحت سطح البحر في نهاية فترة الخفض البطلمي لمنسوب البحيرة – لنقل عام 250 ق.م تقريبا- و7 أمتار تحت سطح البحر في العصور الرومانية المتأخرة - أو لنقل حوالي عام 300 ميلادية - و40 متر تحت سطح البحر في 1885) على أن المنسوب المتوسط لتلك الفترة الزمنية بأكملها لا يمكن أن يكون أقل من 33 متراً تقريبا تحت سطح البحر، ولذلك فإن متوسط مساحة سطحها لن يكون أقل من 400 كم مربع. ومع حدوث التبخر بمعدله الحالي البالغ حوالي 180 سنتيمتر في السنة، فإن متوسط التدفق السنوي للمياه اللازم لتعويض مقدار المياه التي تبخرت من البحيرة سيكون حوالي 400 مليون × 1.8، أو 720 مليون طن.وإن احتوى هذا المقدار في المتوسط على 38 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم؛ فإن متوسط الكمية السنوية من كلوريد الصوديوم التي تُحمل سنويا للبحيرة سيكون 38 X720، أو 27.360 طن، وهي كمية ستمدنا بـ 59 مليون طن في الإجمالي، على امتداد الـ 2156 سنة فيما بين 250 ق.م و1906 ميلادية. وإن أضفنا إليها المليون طن التي كانت موجودة بالفعل في البحيرة في نهاية الخفض البطلمي لمنسوبها؛ فسيكون لدينا 60 مليون طن لكمية كلوريد الصوديوم التي يجب توقُّع أنها كانت موجودة في البحيرة عام 1906 م، إن لم يحدث صرف جوفي منها. كان متوسط منسوب البحيرة في تلك السنة 44.38 متر تحت سطح البحر، وبالتالي كان حجمها 939 مليون متر مكعب، وهذه الكمية تماثل متوسط ملوحة قدره 63.9 جم من كلوريد الصوديوم لكل لتر. لكن ملوحة البحيرة حسبما لوحظ فعليا في 10 فبراير 1906 - عندما استقر منسوبها عند 44.31 متر تحت سطح البحر، وكان حجمها بالتالي 955 مليون متر مكعب - كانت 7.2 جم فقط من كلوريد الصوديوم لكل لتر، والذي يماثل 7.3 جم لكل لتر من حجمها عند منسوب 44.38 متر، أو أقل من الرقم الناتج عن حساباتنا بثُمن المقدار. ومن ثم، لابد أن نستنتج أن أكثر من سبعة أثمان كلوريد الصوديوم الذي دخل البحيرة في الفترة ما بين 250 ق.م و1906 م قد تلاشى منها، وهذا لا يمكن تعليله إلا بأنه قد حدث صرف جوفي من البحيرة.

في كل الأحوال التي حسبنا فيها كميات المياه التي كان عليها أن تدخل للبحيرة سنويا لتعوض الفقدان السنوي منها بالتبخر، فإنه يلي ذلك أن النتائج التي حصلنا عليها ستكون خاضعة لأن تكون ضئيلة المقدار جدا؛ لأن تدفقا زائد سيكون ضروريا لتعويض الخسارة الناتجة عن الصرف الجوفي. مع ذلك، فهذا التدفق الزائد لن يُتطلب بالضرورة أن يكون كبيرا جدا بالمقارنة مع ذلك التدفق المطلوب لتعويض الفاقد بالتبخر فقط. فعلى سبيل المثال، افترض أنه في فترة زمنية ما من الماضي كانت ملوحة مياه البحيرة 1 جم لكل لتر، بينما ملوحة مياه الصرف الداخلة إليها كانت 38 جزءا في المليون، هذا الرقم الذي افترضناه أنفا يمثل أدنى رقم محتمل لمتوسط درجة ملوحة المياه التي دخلت البحيرة خلال الفترة التي كانت الأراضي

تخضع فيها لنظام ري الحياض. وبما أن مياه البحيرة كانت أكثر ملوحة بمقدار 26 ضعف ملوحة المياه الداخلة إليها، فإن تسرباً جوفياً سنوياً من البحيرة يصل حجمه لحوالي 4 في المائة من مقدار التدفق السنوي إلى البحيرة سيكون كافيا لمنع ملوحة البحيرة من الازدياد، وأي حجم أكبر من التسرب الجوفي السنوي عن ذلك المقدار سينتج عنه في الواقع نقصان ملوحة البحيرة، على الرغم من حقيقة أن الكميات الطازجة من الملح تُحمل كل سنة إليها.

سيبدو من المرجح أن كمية معينة من الصرف الجوفي قد استمرت في الحدوث من بركة قارون حتى القرن التاسع عشر؛ حيث أن نظرة إلى الرسم البياني السابق ستوضح أنه إن كان متوسط كمية الأملاح المذابة المحمولة سنويا إلى البحيرة عن طريق مياه الصرف ودخلت إليها قبل عام 1906 كانت بنفس مقدار الأملاح المذابة التي كانت تُحمل سنويا بعد ذلك التاريخ، وإذا لم يحدث أي صرف جوفي من البحيرة، فحينئذ سيكون إجمالي كمية الأملاح المذابة التي كانت تحتويها البحيرة في 1897 أصغر من الكمية التي كانت تُحمل إليها في سنة واحدة. وفي الحقيقة، على الرغم من أنه لا تتوافر أرقام قطعية، فمن المؤكد أنه بسبب استخدام نظام ري الحياض أو الفيضان في مديرية الفيوم بأكمله أو في جزء منها حتى نهاية القرن التاسع عشر تقريبا، فإن متوسط كمية الأملاح التي كانت تُحمل سنويا إلى البحيرة كانت أصغر في السنوات السابقة لعام 1906 مقارنةً بالسنوات بعد ذلك العام، عندما تم استبدال نظام ري الحياض في المديرية بأكملها بنظام الري الدائم، بحيث إنه لو كانت توافرت بيانات قبل ذلك التاريخ فإنها كانت ستمكننا من إطالة الخطوط في الشكل السابق عكسياً فيما وراء الحد الأيسر من الرسم البياني، وكانت الخطوط ستتسطح بالتدريج كما لو كانت ممتدة ناحية اليسار. لكن حتى إن كنا سنفترض أن متوسط كمية الأملاح التي تمر سنويا إلى داخل البحيرة خلال السنوات 1855 حتى 1906 كانت فقط نصف الكمية المعروف أنها تمر سنويا إليها في الوقت الحالي، فسيتلو ذلك أن إجمالي كمية الأملاح الموجودة في البحيرة في 1855 لابد أنها كانت أقل من الكمية التي كانت تُحمل حينئذ إلى البحيرة في السنة الواحدة، لذلك يبدو الاستنتاج حتميا أنه لابد قد حدثت كمية معينة من الصرف الجوفي من البحيرة حتى النصف الثاني من القرن التاسع عشر.

وفي اعتقادي أنه من الممكن أيضا أن الصرف الجوفي من البحيرة ربما لم ينقطع بشكل كامل حتى حلول عام 1890، عندما انخفض سطح البحيرة للمرة الأولى إلى منسوب يزيد عن 44 مترا تحت منسوب البحر، حيث إنه من المُقنع أن البحيرة ربما قد وصلت حينئذ إلى حالة التوازن الهيدروليكي مع طبقة المياه الجوفية الكبيرة الموجودة أسفل الصحراء الليبية، وتمد الواحات الخارجة والداخلة والبحرية وسيوة باحتياجاتها من المياه، وفي تلك الحالة بالطبع لن يكون هناك صرف جوفي إضافي من البحيرة بالرغم من نفاذية الطبقات حولها وتحتها.

لا توجد أية صعوبة في تفسير سبب حدوث الصرف الجوفي من البحيرة في الماضي وتوقُّف حدوثه في الوقت الحاضر؛ حيث إنه في الماضي – بسبب المناسيب العليا للبحيرة – كان هناك منبع هائل للمياه بسبب ترشح المياه منه إلى خارجه، وحتى إن كان الافتراض أن البحيرة الآن في حالة توازن هيدروليكي مع

طبقة المياه الجوفية في صحراء ليبيا غير صحيح؛ فإن تراكم الطمي والغرين الناعم على قاع البحيرة سيكون قد مال إلى منع الترشح منها عند المناسيب المنخفضة للبحيرة في العصر الحالي.

وفيما يتعلق بالمكان الذي ذهب إليه الصرف الجوفي من البحيرة في الماضي، فأعتقد أنه من المرجح أن جزءا كبيرا منه ربما قد ترشح نحو المنخفض المجاور بوادي الريان وتبخر هناك بمثل السرعة التي دخل بها إلى المنخفض تقريبا، على الرغم من أنه ربما قد انضم إلى طبقة المياه الجوفية بصحراء ليبيا ثم انتقل في اتجاه الشمال الغربي نحو منخفض القطارة الأكبر عمقا من وادي الريان ولكنه على مسافة أبعد. لقد لوحظ كثيراً غياب طمي النيل عن أرضية وادي الريان الذي يبلغ مستوى أدنى نقطة منه – حسب المسح الجغرافي الأخير – 59 مترا تحت سطح البحر، لكن بينما هذا الغياب يقدم لنا دليلا أنه لم يكن هناك تدفق زائد مباشر لمياه النيل من الفيوم نحو الوادي، فلن يكون هناك اعتراض على الرأي أن المياه ربما قد مرت من بحيرة الفيوم إلى وادي الريان عن طريق الترشح؛ حيث أن أي مادة عالقة ربما قد ظلت في مياه البحيرة قد تم ترشحها بشكل أوتوماتيكي، تاركة المياه المترشحة صافية تماما. وبالطبع سيكون هناك إرساب للأملاح في وادي الريان ما إن تبخرت المياه التي وصلت إليه، لكن يُتوقع أن الكثير من هذا الملح قد حملته بعيداً الرياحُ المثيرة للرمال.

الفصل التاسع:

الثروة السمكية في بركة قارون

لا يشكل الإنتاج السمكي لبحيرة قارون بأية حال مصدراً هاماً للطعام الفاخر لسكان الفيوم. فخلال الخمسة عشر عاما الأخيرة[1] (1921-1935) بلغ متوسط كمية السمك المُصاد السنوية من البحيرة 2307 طن، بما يعادل حوالي 4 كجم لكل شخص من إجمالي عدد سكان مديرية الفيوم. وخلال نفس الفترة وصل متوسط عدد قوارب الصيد في البحيرة لحوالي 95 قارباً، وعدد الصيادين والأطفال المشتغلين بالمهنة حوالي 2700، ووصلت العائدات السنوية التي تحصّلها الحكومة (تُستمد في الأساس من الضرائب المفروضة على قوارب الصيد) لحوالي 4225 جنيه مصري. خلال السبع سنوات الأخيرة (التي تتوافر إحصائيات الأسعار عنها فقط) كانت حصيلة الصيد السنوي قد وصل متوسطها لحوالي 1532 طن، وبلغت قيمته عند مكان وصوله وتوزيعه للاستهلاك حوالي 27.280، أي بما يعادل 18 مليم للكيلو جرام الواحد. يتم الصيد في الغالب باستخدام شباك الصيد، ويجري على امتداد السنة باستثناء فترة انتهاء الموسم، وهي الفترة التي تمتد من منتصف أبريل حتى منتصف يونيو. وفي العادة، يكون مقدار حصيلة صيد السمك أكبر ما يمكن فيما بين الموسم وبداية شهر ديسمبر، وأقل ما يمكن فيما بين بداية فبراير وبداية فترة نهاية الموسم.

منذ خمسة عشر عاماً (أي في 1921، وهي السنة الأولي التي تم فيها جمع الإحصائيات عن مقدار حصيلة الصيد السنوية)، تألف السمك المُصاد من البحيرة بشكل رئيسي من البلطي - التي شكلت أنواعه الثلاثة (تيلابيا نيلوتيكا، تيلابيا زيلي، تيلابيا جاليلايا) حوالي 96 % من إجمالي حصيلة الصيد - ومن سمك البوري النيلي (التيس نيلوتيكا) ونسبة صغيرة من سمك الفرخ. مع ذلك، ففي السنوات الأخيرة، اختفى بشكل عملي سمك البوري النيلي ونوع واحد من البلطي (تيلابيا جاليلايا) من البحيرة، بينما نجح إدخال نوعين بطريقة اصطناعية، وهما من البوري الرمادي:(موجلي كابتو وموجلي سيفالوس). احتوَت حصيلة الصيد لعام 1935 على البلطي بنسبة 77% (بشكل أساسي تيلابيا زيلي وتيلابيا نيلوتيكا) و21% على البوري الرمادي (بشكل أساسي موجلي كابيتو) وعلى حوالي نصف في المئة من سمك الفرخ.

تذبذب إجمالي كمية الأسماك التي صيدت سنويا من البحيرة بشكل كبير خلال الخمس عشرة سنة الأخيرة، كما سيتضح من الإحصائيات التالية المجمعة من تقارير سنوية متتالية لإدارة المصايد والإنتاج السمكي:

سيلاحظ من الأرقام المذكورة بالأعلى أن إجمالي حصيلة الصيد من السمك من البحيرة لم تتقلب على نطاق عريض جدا فقط، بل بدرجة شاذة جدا وغير نظامية أيضا، من سنة إلى أخرى؛ فقد وصلت النسبة القصوى لحصيلة الصيد في عام 1927 لـ 5039 طن، أو ما يعادل ضعف النسبة المتوسطة بمرتين ونصف تقريبا، وبعد ذلك بعامين فقط، أي عام 1929، وصلت أقل نسبة لحصيلة الصيد لـ483 طن، أو أقل من ربع النسبة المتوسطة. سيلا حظ أيضا أن هذا التذبذب الواسع وغير النظامي في إجمالي حصيلة الصيد يعود في الأساس إلى تقلب مماثل واسع وغير نظامي في حصيلة صيد البلطي، والذي تخطي بشكل غير ثابت وواسع مقدارَ حصيلة صيد كل الأنواع الأخرى من السمك. وكذلك فإن حصيلة الصيد من ثعبان السمك قد تنوعت بشكل غير منتظم من عام لآخر، حيث أن أصغر مقدار لها هو 1.6 طن في 1921، وأكبر مقدار 13.1 طن في 1931. من ناحية أخرى فإن حصيلة سمك الفرخ قد تضاءلت – بشكل مضطرد تقريباً، من 63.3 طن في 1921 إلى 20/1 من الطن في 1935، بينما حصيلة صيد

هوامش الفصل

(1) كُتب هذا الفصل في ربيع عام 1936م.

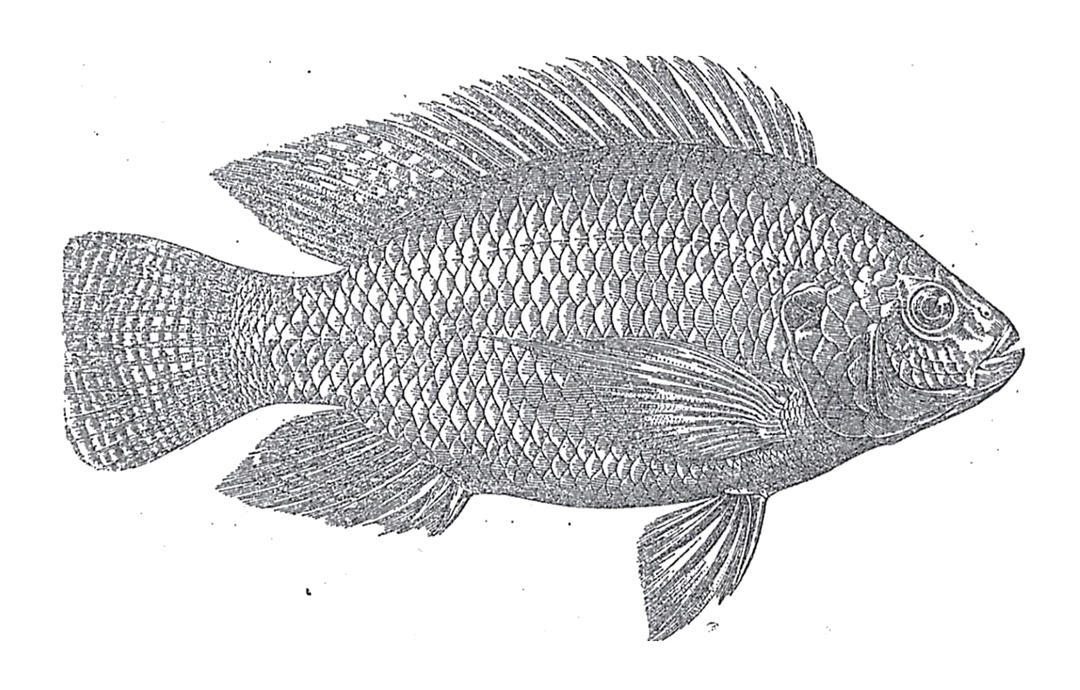
(2) See, for instance, p.21 of the "report on the fisheries of Egypt in 1930" by Mr. Wimpenny ,also pp.13-18 of the "rapport sur les pecheries d'Egypte en 1931" by Dr. Fauzi , and pp.19-21 of the corresponding report for 1933 by the same author.

(3) the "report on the fisheries of Egypt in 1930" p.21.

(4) Wimpenney (R.S) and TITERINGTON (E.), "The Two-net plankton of lake Qarun", Cairo,1936 pp 10-18.

البوري الرمادي – الذي أُخذت صغاره (الزرّيعة) من البحر المتوسط عند المكس بالقرب من الإسكندرية وأدخلته للبحيرة لأول مرة إدارة المصايد في عام 1928 على أمل أن ينمو ويتكاثر هناك وبالتالي يقلل من اعتماد البحيرة بالكامل على البلطي – قد زادت بمعدل خلال السنوات القليلة الماضية دل على أن هذه السمكة قد نجحت في تكييف نفسها مع بيئتها الجديدة.

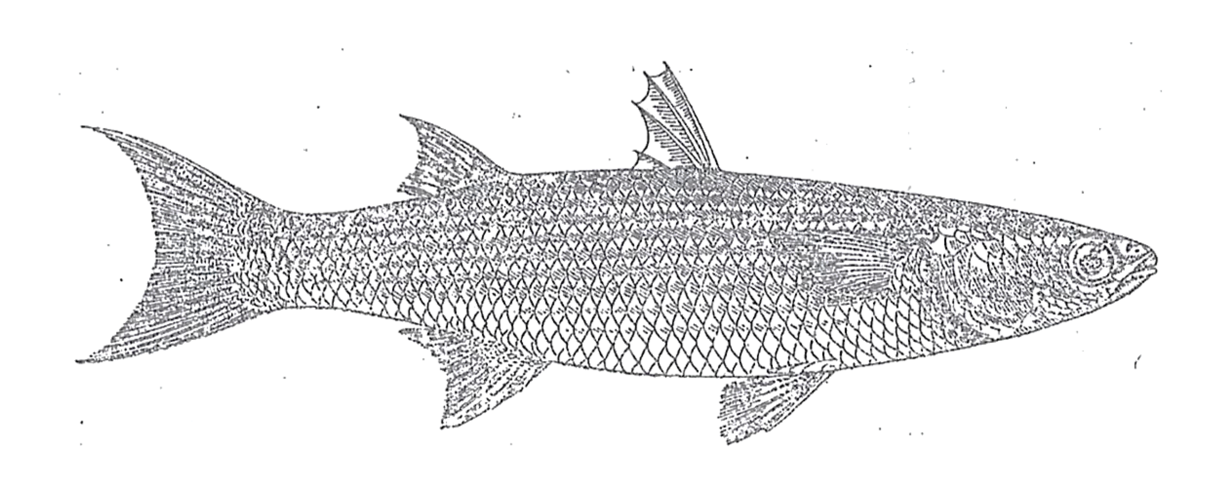
إلى حد ما بالطبع، إجمالي كمية السمك المصاد من البحيرة في أي عام ستكون قد اعتمدت على عدد القوارب العاملة في مجال صيد السمك في ذلك العام. لكن بمراجعة الأرقام المذكورة في العمود الأخير من الجدول السابق يتضح أن متوسط حصيلة الصيد لكل قارب تقلبت أيضا إلي درجة كبيرة في سنوات مختلفة (كانت كبيرة بمقدار 12.3 طن لكل قارب في 1927، وصغيرة بمقدار 2 طن لكل قارب في 1929)، فلابد أن التغيرات في إجمالي حصيلة الصيد كانت ناجمةً في الأساس عن أسباب أخرى غير التغيرات في عدد قوارب الصيد المستخدمة.



شكل49: البلطي (تيلابيا سيلي) أكثر أسماك المائدة شيوعا في بركة قارون في الوقت الحالي. شكل بنصف الحجم الطبيعي.

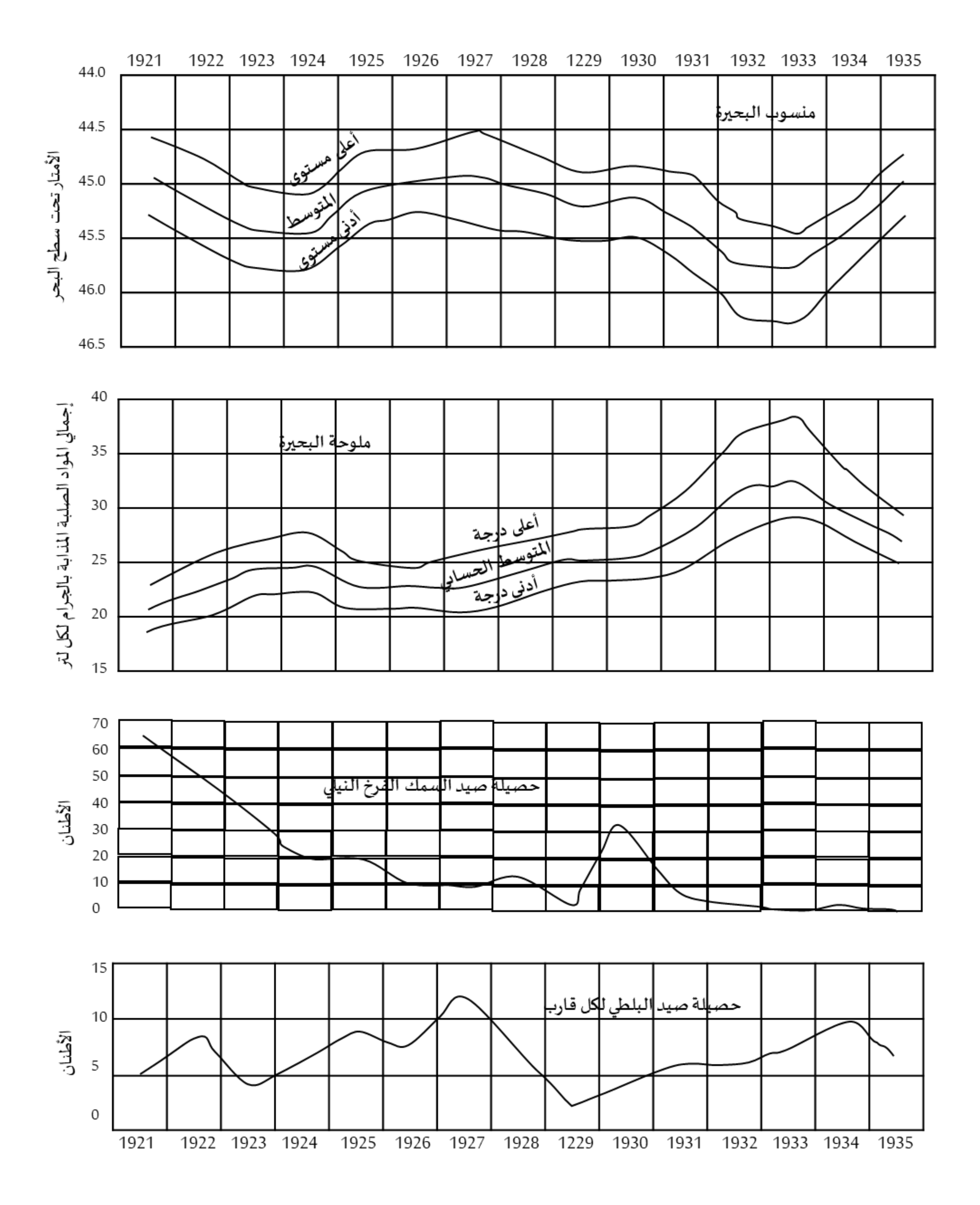
يرجع اختفاء سمك الفرخ من البحيرة عادةً إلى زيادة ملوحة مياة البحيرة التي حدثت في السنوات الأخيرة، أما التغيرات الكبيرة في حصيلة الصيد السنوية من سمك البلطي فكانت نتيجة للتغيرات في منسوب البحيرة وملوحتها التي سببتها اختلافات في أحجام مياه الصرف التي صُرفت فيها في سنوات مختلفة [(2)]. ولفحص إلي أي مدى يمكن الدفاع عن هذه الأراء أو قبولها، فقد أعددتُ الجدول التالي الذي يظهر أعلى وأدني مناسيب البحيرة ومتوسطها الحسابي خلال السنوات الخمس عشرة كلها (1921 – 1935) كما سجلتها مصلحة الأحوال الطبيعية، وكذلك أعلى وأدنى درجات ملوحة البحيرة المماثلة ومتوسطها

الحسابي (بالجرامات لإجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر) من ماء البحيرة كما تم حسابها من المعادلة المذكورة في صفحة 270، وإجمالي حصيلة الصيد من سمك الفرخ النيلي، ومتوسط حصيلة صيد البلطي لكل قارب لكل سنة كما ذُكرت في سجلات إدارة المصايد. وبناءً على الأرقام المذكورة في الجدول، فقد رسمتُ المنحنيات البيانية في شكل(50) والتي تبين في عجالة مسار التغيرات من سنة إلى أخرى التي حدثت في منسوب البحيرة وملوحتها وكذلك في إجمالي حصيلة صيد سمك الفرخ النيلي، ومتوسط حصيلة الصيد لكل قارب من سمك البلطي خلال الخمس عشرة سنة الأخيرة.



شكل51: البوري الرمادي (موجيل كابيتو). وهي سمكة أدخلت بطريقة صناعية إلى بركة قارون. وهي الآن تتكاثر وتعيش هناك، وهذه المقاس هو نصف الحجم الطبيعي تقريبا.

وإذا قارنّا أولاً منحنيات الملوحة مع منحنيات منسوب البحيرة، فسنلاحظ أنه فيما يتعلق بتوزيع النقاط العليا والسفلي لمجموعتي المنحنيات، أنها تعد في الأساس مكملة لبعضها البعض، فإن الارتفاع في منسوب البحيرة يصحب في الأساس انخفاضٌ في ملوحتها والعكس صحيح... لكن في حالة منحنيات الملوحة، فإن منحنيات الارتفاع والانخفاض تتطابق علي ارتفاع عام مضطرد، بحيث إنه بينما يكون المتوسط الحسابي لمنسوب البحيرة في1935 كان – من الناحية العملية – هو نفس المنسوب لعام 1921، فإن متوسط ملوحة مياه البحيرة في 1935 كانت أكثر بكثير مما كان عليه الوضع قبل ذلك بخمسة عشر عاما. هذه الزيادة المضطردة في الملوحة تعد بالطبع ناتجة عن أن إجمالي كمية الأملاح في البحيرة تخضع لزيادة كل قرن بسبب النقل المستمر للأملاح إلي داخل البحيرة عن طريق دخول مياه الصرف إليها.



شكل50: منحنيات بيانية تظهر التغيرات السنوية في منسوب وملوحة بركة قارون، والتغيرات السنوية في حصيلة صيد البلطي وسمك الفرخ النيلي ومنها خلال الخمسة عشر عاما (1921-1935)

ثم بمقارنة منحنى حصيلة صيد سمك الفرخ النيلي مع منحنيات منسوب وملوحة البحيرة، يتضح أن هناك استمرار في انخفاض حصيلة الصيد من عام 1921 فصاعداً – باستثناء ارتفاع مميز في 1930– وهو أمر يمكن ربطه بوضوح مع الزيادة المضطردة لمتوسط الملوحة التي أشرنا إليها آنفا. في 1921 - عندما كانت أقصى درجة لملوحة مياه البحيرة خلال السنة 22 جزءاً فقط من الأملاح المذابة لكل ألف - بلغت حصيلة صيد سمك الفرخ 63 طن، بينما في 1933 عندما تعدت أقصى درجة ملوحة في السنة 38 جزء لكل ألف كانت حصيلة صيد سمك الفرخ عشرون جزءاً فقط من الطن. لذلك يبدو أن اختفاء سمك الفرخ النيلي من البحيرة في السنوات الأخيرة قد نتج بشكل أساسي عن عدم قدرته علي المعيشة في مياه تحتوي علي أملاح ذائبة بنسبة أكثر من 25 جزء لكل ألف تقريبا.

من ناحية أخرى، فإن المنحنى البياني الخاص بحصيلة صيد البلطي لا يظهر أيَّ انخفاض مضطرد مميز ولا أيَّ درجة شديدة الوضوح للعلاقة النظامية بمنحنيات منسوب البحيرة وملوحتها. وفي الحقيقة، في 1927، عندما بلغ متوسط حصيلة صيد البلطي لكل قارب أقصى درجاته، فقد وصلت البحيرة لأعلى منسوب لها في الخمسة عشر عاما. لكن لو ظل المنسوب المرتفع للبحيرة هو السبب الرئيسي لوفرة البلطي في ذلك العام، فمن الطبيعي أن نتوقع أن نجد في 1929 – عندما انخفض متوسط حصيلة الصيد لكل قارب إلى أدنى مستوياته – أن منسوب البحيرة قد انخفض إلى مستوى استثنائي - وذلك كان بعيداً عن وضعه في الحسبان - فإن منسوب البحيرة في عام 1929 كان في الواقع أعلى بعض الشيء من المقدار الحسابي المتوسط للخمسة عشر عاما، وأكثر بكثير منه في 1933، عندما كانت متوسط حصيلة صيد البلطي لكل قارب أعلى بمقدار ثلاثة أضعاف ونصف. وفيما يتعلق بالملوحة - عندما كانت في أعلي درجاتها في 1933 - فإن حصيلة صيد البلطي، بدلاً من كونها صغيرة جداً - كما كان متوقعاً من الناحية الطبيعية لو أن الوفرة النسبية من هذه السمكة في سنوات مختلفة قد اعتمدت على درجة عذوبة مياه البحيرة - فقد كانت في الواقع أعلى من متوسط الخمسة عشر عاما. بينما في 1921 - عندما كانت ملوحة البحيرة في أدنى مستوياتها - كانت حصيلة صيد البلطي أدنى من المقدار المتوسط. وكذلك لم يكن في الإمكان تمييز أية درجة للارتباط بين التغيرات في حصيلة صيد البلطي وبين التغيرات في منسوب البحيرة وملوحتها عن طريق الافتراض - كما قد يبدو تماما أن تلك هي القضية – أن الآثار الكاملة لهذه التغيرات الأخيرة لن تُظهر نفسها في عوائد الصيد حتى مرور عام، أو عامين علي الأرجح، بعد حدوثها؛ حيث لو أننا أزلنا من على الرسم البياني منحنى حصيلة صيد البلطي وأزحناه إلى اليسار عبر مسافة أفقية، مماثلة لسنة أو سنتين، فلن تبدو هناك أي درجة مميزة من العلاقة النظامية بين ارتفاعات ذلك المنحنى وانخفاضاته وبين ارتفاعات وانخفاضات المنحنيات الأخرى. وبذلك، سيؤدي هذا بنا إلى الاستنتاج أنه بينما كان اختفاء سمك الفرخ النيلي من بركة قارون راجعاً لزيادة ملوحة مياه البحيرة، وفي حين أن نفس السبب ربما قد أحدث اختفاءً تدريجياً لنوع معين واحد من البلطي (تيلابيا جاليليا) من البحيرة، فلا يمكن أن تُعزى الاختلافات في إجمالي كمية سمك البلطي المُصادة في سنوات مختلفة إلى التغيرات في منسوب البحيرة أو إلى التغيرات في ملوحتها... فلابد أن عاملاً أخر أو بعض العوامل الأخرى قد ساهمت إلى حد كبير في عمل التغيرات المسجلة في حصيلة الصيد.

فيما يتعلق بالطبيعة الاحتمالية لذلك العامل أو العوامل الأخرى، فربما نحصل بالتالي على رأي عنها من الظروف المتعلقة بأن السنتين 1927 و 1929 – واللتين كانتا علي التعاقب ذواتا حصيلة صيد عالية جدًا ومنخفضة جدًا من البلطي في بركة قارون - كانتا أيضا، على الترتيب، سنتين ذواتا حصيلة صيد عالية جدا ومنخفضة جدا من المصيدتين الرئيسيتين لسمك البلطي في مصر، وهما مصائد بحيرة مريوط وبحيرة ادكو في شمال الدلتا، حسبما سنرى في الجدول التالي المحتوي على حصيلة الصيد السنوية للبلطي من البحيرات المختلفة خلال الفترة 1926-1931 كما سجلتها مصلحة المصائد السمكية. هذا الجدول يشير بوضوح إلى آثار ذات طبيعية متماثلة كانت تؤدي عملها في الحالات الثلاث جميعا، ولكون الظروف الجوية في الدلتا مماثلةً في العادة للظروف الجوية السائدة في الفيوم في الوقت نفسه، فإن الأرجحية تفرض نفسها على الفور بأن الاختلافات في الظروف الجوية في السنوات المختلفة ربما تكون لها بعض الأهمية في كونها سبب الاختلافات المسجلة في حصيلة الصيد السنوية من سمك البلطي في البحيرات.

هناك العديد من الطرق التي قد تبدو مُقنعة بخصوص أنه من الراجح أن الأحوال الجوية قد أثرت على درجة وفرة السمك في البحيرة. إحدى هذه الطرق هي أن التغيرات السريعة في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة تؤدي إلي حدوث تغيرات سريعة في درجة حرارة الماء في الأماكن الأكثر ضحالة من البحيرة، حيث توجد أرضيات التكاثر لسمك البلطي. من المعروف أن السمك بصورة عامة حساس للتغير السريع في درجات الحرارة، وقد أخبرني دكتور فوزي مدير إدارة أبحاث المصايد أنه في حالة الأسماك الشائعة مثل البلطي تظهر الحساسية بشكل أكبر عند التعرض لانخفاض درجات الحرارة مقارنةً بارتفاعها. وفي الحقيقة، فقد وردت تقارير من كل أنحاء البحيرات الضحلة المصرية تفيد بأن نسبة النفوق في البلطي تكون حادة في ليالي الشتاء القارسة. ولسوء الحظ، نتيجةً لحقيقة أنه لم تُسجل درجات حرارة مياه البحيرة بالليل، فليست لدينا أية وسائل مباشرة للتأكد من ماهية المدى الذي تجمدت عنده الأجزاء الضحلة من البحيرة في فصول الشتاء على امتداد سنوات مختلفة. لكن من الناحية النظامية، فقد سُجلت يوميا الملاحظات على درجة حرارة الهواء في المصلحة الفيزيقية منذ عام 1928 في محطة الأرصاد الجوية في شكشوك، والتي تقع علي ساحل بحيرة. وعلي سبيل المثال، لو أن الهبوط المميّز في الإنتاج من سمك البلطي في 1929 قد نتج عن برودة البحيرة بالليل في شتاء عام 1928-1929، فلابد أن نتوقع أن المتوسط الحسابي الأدنى لدرجة حرارة الهواء في المناطق المجاورة للبحيرة خلال أشهر ذلك الشتاء كان منخفضاً جداً لدرجة شاذة غير قياسية. وفي الواقع، يبين فحص السجلات أن متوسط درجات الحرارة المنخفضة للهواء عند شكشوك خلال شهور الشتاء الثلاثة (ديسمبر 1928 – فبراير 1929) كان 5.6° م، أي بمقدار 1.6° م تحت المعدل الطبيعي للسنوات الثماني 1928-1935، وأن عدد الليالي التي انخفضت فيها درجة حرارة الهواء لما تحت 5م أو أقل خلال نفس الشهور الثلاثة كانت 43 ليلة، والتي تعد أكثر من العدد الطبيعي بـ 16 ليلة للسنوات الثماني 1928 – 1935. لكن قبل أن نقبل هذا التحول المعتدل من المعدل الطبيعي لهذه الفترة الزمنية القصيرة البالغة 8 سنوات للعجز والنقص في الانتاج السمكي في 1929، فإننا من الطبيعي أن نُقاد إلى التساؤل عن وجود أي شذوذ هناك في درجة حرارة الهواء من عدمه - كعلامة متضادة (متعارضة) - في شتاء 1926-1927 حتي نعزي إليه ظاهرة حصيلة الصيد الوفيرة من السمك لعام 1927. ولكي نقوم ذلك، علينا التحول إلى سجلات محطة رصد الأحوال الجوية في قصر جبيل، حيث أن سجلات الرصد عند شكشوك لا تحتوي علي أي سجلات قبل 1928. تقع قصر جبيل داخل منخفض

الفيوم على مسافة قدرها ستة عشر كيلومترا فقط من شكشوك، بحيث أنه لو تم عرض لليالٍ باردة خلال أي فصل من فصول الشتاء في ذلك المكان بالذات، فإنها بالتأكيد ستكون قد حدثت في المكان الآخر في الوقت نفسه، وتغطي الملاحظات الجوية المسجلة في قصر جبيل الفترة 1920-1931. لكن سجلات قصر جبيل تبين أن أقل متوسط لدرجة الحرارة لشهور الشتاء الثلاثة (ديسمبر 1926 – فبراير 1927) وهو 5.7° م - وذلك بدلا من كونها أعلى من المعدل الطبيعي (6.8° م) للسنوات الإثنتا عشر (1920-1931) - كان مرة أخرى منخفضاً عنه بمقدار درجة واحدة، بينما عدد ليالي الشتاء (36 ليلة) التي تنخفض فيها درجة حرارة الهواء إلى 25 مئوية أو أقل كان مرة أخرى وبوضوح فوق المعدل الطبيعي (26) للسنوات الإثنتا عشرة. لذلك، ليس بمقدورنا افتراض أن البرودة الليلية لمياه البحيرة في الشتاء كانت في حد ذاتها عاملاً شديد الأهمية فيما يتعلق بالتغيرات في وفرة سمك البلطي بالبحيرة خلال السنوات المختلفة.

هناك طريقة أخري قد يُعتقد بها أن الظروف الجوية علي الأرجح تعتبر فعالة ومؤثرة، وهي الفعل المدمر للعواصف على البوص الذي يتكاثر فيه البلطي وعلى السمك الصغير في الأماكن الضحلة من البحيرة، ناهيك عن إعاقة مزاولة نشاط صيد السمك في الأيام العاصفة. لكن بفحص سجلات محطات رصد الأحوال الجوية، يتضح وجود إشارات أن العواصف – مثل فصول الشتاء القارصة – لم تؤثر أي تأثير مميز في إحداث تقلبات في حصيلة صيد الأسماك من البحيرة في السنوات المختلفة. وردت تقارير أن العواصف القوية (ونعني بها أي رياح ذات سرعة تزيد عن 36 كم في الساعة) قد حدثت في شكشوك في خمسة أيام فقط خلال الثماني سنوات الأخيرة، أي في يوم واحد من شهر نوفمبر 1929، وفي يوم واحد في كل من يناير وفبراير 1930، وفي يوم واحد في كل من مارس ويوليو1932.

مع ذلك، هناك طريقة ثالثة مقبولة ربما قد أثرت بها الظروف الجوية على حصيلة صيد السمك، بأنها كانت مسئولة – إلى حد ما علي الأقل – عن التغيرات في كميات الطحالب المائية والبلانكتون الحيواني والنباتي الموجودة في البحيرة في سنوات مختلفة. ظهرت كمية هائلة جداً من الطحالب المائية في البحيرة في 1921 كان قد افترض مدير المصائد البحرية أنها قد عملت علي تضاؤل حصيلة صيد السمك في تلك السنة عن طريق إعاقتها لعمليات الصيد، وأنها قد أدت إلى حصيلة الصيد الكبيرة في السنة التالية عن طريق تزويدها للسمك بمصدر غذاء إضافي [3]. وقد وجدت مسز ويمبني ومسز تيتيرنجتون – اللتان بحثتا في بلانكتون بركة قارون في عام 1931 –أن البلانكتون الحيواني – الذي يتكون في الأساس من Diaptomus salinus مجدافي الأرجل – كان وفيراً بدرجة هائلة خلال الفترة من ديسمبر حتي بداية مايو، عندما كانت درجة حرارة الماء في الغالب تحت 20° م، مقارنةً بوفرتها خلال بقية السنة، عندما كانت درجة حرارة الماء فيما بين 20° م ، 25° م، في حين أنه على الرغم من أن الطحالب التي يتألف منها البلانكتون النباتي في البحيرة قد تواجدت في كلا الفترات الباردة والحارة من السنة، فإن أكثر درجات نمو الطحالب قد حدثت في أبرد شهور السنة[4]. لقد حُصرت تسجيلات البلانكتون في سنة واحدة، وبالتالي غير معروف لنا أي شئ بخصوص التغيرات في كمية البلانكتون من عام لآخر. لكن إن كانت مثل هذه التغيرات من عام لآخر تحدث وكانت السبب في التقلبات المماثلة في وفرة السمك، فإن فحص سجلات الأرصاد الجوية في شكشوك لا تميل إلى تأييد الرأي أن التغيرات من عام لآخر في درجة حرارة مياه البحيرة يمكن أن تكون عاملا أساسيا في إحداث وفرة الإنتاج السمكي. ولأنه من المؤكد - من الناحية العملية – أن المتوسط الحسابي لدرجة

حرارة مياه البحيرة خلال أي شهر معين أو أي سنة معينة لابد أن يماثل بدرجة قريبة جداً متوسط درجة حرارة الهواء فوق سطح المياه خلال نفس الفترة الزمنية، وكما سيلاحظ من الأرقام في الجدول التالي، لم يختلف متوسط درجة حرارة الهواء عند شكشوك لأكثر من 2.6ْم عن المعدل الطبيعي في أي شهر خلال الثمانية أعوام الماضية (وهي فترة سيلاحَظ أنها تتضمن سنة 1929 التي سُجل فيها أصغر كمية مُصادة من سمك البلطي، والسنة السابقة عليها) ولا المتوسط العام لأي سنة لأكثر من 0.3ْم، وكذلك لم يختلف توزيع الاختلافات عن المعدل الطبيعي لتلك الخاصية مما يدل أن ظروف درجة حرارة مياه البحيرة يمكن أن تكون أقل نفعا للبلانكتون في 1928 و1929 مقارنة بالسنوات التالية لهما.

وبجمع نتائج البحث السابقة الخاصة بالآثار المحتملة للتغيرات في الأحوال الجوية على حصيلة صيد البلطي في السنوات المختلفة، يتضح أن هذه التغيرات – مثل تلك التغيرات في منسوب وملوحة البحيرة – تخفق في تقديم تفسير مناسب للتغيرات الواسعة في حصيلة صيد الأسماك السنوية.

إن التفسير الكامل لأسباب التغيرات من سنة لأخرى في حصيلة صيد السمك من البحيرة يعد بذلك مشكلة تتطلب تحقيقا أخر. مسار واحد من البحث أعتقد أنه ربما يستحق أن نسلكه في المستقبل وهو المتعلق بالاختلافات في كميات الطحالب والبلانكتون الحيواني والنباتي في البحيرة في سنوات مختلفة. وهناك مسار آخر من البحث يمكن أن يكون شاملا، وهو الخاص بالغازات المختلفة المذابة في ماء البحيرة، وبالتغيرات في كمياتها. ومعلوماتنا بخصوص هذين الموضوعين تعد ضئيلة في الوقت الحالي.

من المثير للاهتمام أن نقارن محصلة صيد السمك من بركة قارون في الوقت الحالي مع محصلته من بحيرة الفيوم في العصور القديمة. يخبرنا هيرودوت أنه في عصره (حوالي 450 ق.م) عندما ملأت البحيرة منخفض الفيوم بشكل فعلي وكانت على اتصال حر بالنيل (منه وإليه) جلبت المصيدة إلى الخزانة الملكية عائداً قدره طالن (وحدة وزن قديمة) من الفضة في كل يوم خلال فترة الستة شهور التي كانت فيها مياه البحيرة تتدفق خارجةً من البحيرة، وثلث طالن كل يوم خلال فترة الستة شهور التي كانت تتدفق فيها المياه إلى داخل البحيرة. وعلى ذلك، فإن العائد السنوي من البحيرة قد وصل إلى حوالي 243 طالن من الفضة. إننا لا نعلم الوزن الدقيق للطالن من العملات الفضية في تلك الفترة، ولا نعلم درجة نقاء المعدن، وكذلك لانزال نعلم القليل عن مقدار القوة الشرائية له في ذلك العصر القديم. لكن إن افترضنا أن الطالن كان الطالن الأثيني الفضي الذي بلغ حوالي 26 كجم، وأن درجة نقاء المعدن والقوة والشرائية ووزن العملة المعدنية المصنوعة منه مماثلة لنفس العملة المعدنية المصرية المعاصرة، فبالتالي حيث أن وزن الأخيرة يماثل جنيهاً مصرياً واحداً من القيمة السطحية، أي حوالي 134 جرام، فإن الـ 243 طالن التي مثلت العائد السنوي من مصيدة بحيرة قارون في زمن هيرودوت ستكون معادلة لحوالي 47000 جنيها مصريا، وهي كمية تساوي تقريبا عشرة أضعاف كمية السمك المتوسطة التي تصاد سنويا الآن من البحيرة. وعندما نضع في اعتبارنا سعة البحيرة التي كانت تساوي أكثر من خمسين ضعف حجمها الحالي في ذلك العصر، وعذوبة مياهها، والتسهيلات التي يقدمها الفيضان السنوي من وإلى النيل فيما يتعلق بصيد السمك، فإن الرقم الذي توصلنا إليه الآن سيبدو بأية حال رقماً مستحيل تحقيقه. وعلى أية حال، قد نكون على يقين أن حصيلة الصيد السنوية من السمك من بحيرة موريس – حيث كانت بحيرة الفيوم تسمى بهذا الاسم حينئذ - كانت أكثر بكثير من محصلة صيد السمك من بحيرة الفيوم حاليا.

فيما يتعلق بحصيلة صيد السمك في العصور الوسطى، عندما استقرت البحيرة على الأرجح عند منسوب لا يختلف كثيرا عن منسوبها الحالي، فهناك معلومات قليلة بدرجة لا تكفي لإرشادنا للصواب. لكن النابلسي يخبرنا أنه في عصره (حوالي عام 1245م) كان هناك ثلاثون قاربا في البحيرة، والتي تعد عُشر الرقم الحالي فقط للقوارب في عصرنا. ومن ثم، مالم يكن متوسط حصيلة الصيد من السمك لكل قارب أكبر بكثير من قدرها الآن،أو أن نسبة أكبر بكثير من عمليات الصيد كانت تجري من شاطئ البحيرة، فإن الحصيلة السنوية من صيد السمك من البحيرة في العصور الوسطي كانت أقل بكثير من مقدارها الحالي.

مع ذلك، لايزال هناك اهتمام متزايد بخصوص المستقبل المتوقع للإنتاج السمكي هناك. وهذا الاهتمام والترقب بعيد عن كونه يحمل نظرة مشجعة. إن نتيجة هامة للدراسة التي أجريتها وتناولتها في الصفحات السابقة بخصوص التغيرات في ملوحة مياة البحيرة التي حدثت في السنوات الأخيرة تُظهر أن ملوحة البحيرة تتزايد علي نحو مضطرد، ومالم تزدد كمية مياه الصرف التي تتسرب سنويا إلى البحيرة، فإن هذه الزيادة المضطردة في الملوحة لابد أن تستمر، وفي النهاية ستزداد ملوحة البحيرة إلى الحد الذي أنه ليست فقط الأنواع المتبقية من البلطي – بل حتى البوري الرمادي الذي أُدخل إليها مؤخراً (والذي هو سمكة بحرية) – ستكون غير قادرة على التكاثر والمعيشة في مياهها.

وكما وضحتُ سابقا جدول؟؟ فإن المعدل الحالي للزيادة في متوسط درجة ملوحة البحيرة كبيرٌ لدرجة أنه لو أن مياه الصرف التي تتدفق إليها لم تزداد كميتها واستمرت في المستقبل في حملها للأملاح إلى البحيرة بنفس المعدل الحالي؛ فإن مياه البحيرة بحلول عام 1948 ستحتوي على نسبة عالية من الأملاح المذابة تماثل نسبة الأملاح المذابة في المحيط، وبحلول عام 2015 ستكون النسبة ضعف نسبة المحيط. من ضمن نشاطات إدارة المصايد والانتاج السمكي أنها قد تقدمت عدة مرات بطلب إلى وزارة الري لتسمح بمرور كمية أكبر من مياه الصرف لتدخل البحيرة وبالتالي تزيد من منسوبها، لكن مالم تكن زيادة المنسوب قائمة على معدل ثابت – لنقل 3 أو 4 أمتار – فإن ذلك سيسبب كمية هائلة من الماء المقطر الخارج من البحيرة، وبالتالي سيكون حل مشكلة الإنتاج السمكي بهذه الطريقة حلاً مؤقتاً ومخففاً فقط. على سبيل المثال، لو زاد منسوب البحيرة بمقدار متر واحد، فإن متوسط نسبة المواد الصلبة الموجودة في البحيرة ستقل لأكثر من الخُمس على الأرجح، لكن في أقل من عشرين سنة منذ ذلك الحين فصاعداً، فإن البحيرة عند المنسوب الجديد ستكون نسبة الأملاح فيها مماثلة لنسبته قبل ارتفاع المنسوب، وستستمر الملوحة في الزيادة بمرور الزمن. وفي الحقيقة، إن المطلوب لتجنب زيادة ملوحة البحيرة هو إجراء عملية إزالة الملح الزائد كل سنة، والذي يدخل للبحيرة على مدار العام عن طريق التسيُّل أو النَّز لمياه البحيرة نحو الخارج، ولضمان كفاءة النز الخارجي وإنجازه بنجاح، فمن الأرجح أن منسوب البحيرة يجب أن يرتفع على الأقل للمستوى الذي كان عليه في 1890، عند بلغ سطحها حوالي 42.5 متر فقط تحت سطح البحر. لكن الارتفاع حتي لمسافة 3أمتار فوق منسوبها الحالي سيزيد مساحة البحيرة لحوالي 60 كم^2، أو لحوالي 14.300 فدان وبالتالي سيغرق مساحة من الأرض تقارب هذا الرقم ويجعلها غير صالحة للزراعة، وإن خسارة المجتمع الناتجة عن هذه التضحية بهذا المقدار من مساحة الأرض تفوق بالتأكيد الفوائد التي ستنتج عنها بالتوسع في الإنتاج السمكي. وبذلك يتضح أن هناك احتمالاً ضئيلاً أن تكون وزارة الري قادرة على الاستجابة للدعاوي القضائية التي تطالبها برفع منسوب البحيرة من أجل مصلحة الإنتاج السمكي،

وبالتالي فإن إدخال أنواع بحرية من السمك للبحيرة – والذي تم بنجاح مؤخراً عن طريق إدارة الإنتاج السمكي والمصايد – سوف، في اعتقادي، يكون على المدى الطويل بمثابة الخطوة الأكثر نجاحا التي اتُّخذت في سبيل إطالة حياة الانتاج السمكي. على الرغم من أنه يبدو أن التقلبات في الحصيلة السنوية من صيد سمك البلطي خلال الخمس عشرة سنة الماضية لم تكن بأية حال ناتجة عن الملوحة الزائدة للبحيرة، فمع ذلك من المرجح أنها مسألة عقد أو عقدين قبل أن تؤدي هذه القضية إلى اختفاء سمك المياه العذبة أو المياه قليلة الملوحة من البحيرة، بينما البوري الرمادي – لكونه سمكاً بحرياً – ربما يستمر في الازدهار والتوالد على الأقل لمدة عقود قادمة، حتى يؤدي الأمر إلى أن تكون مياه البحيرة شديدة التركيز لدرجة لن يكون قادرا على التعايش معها.

ملحق الجداول

جدول (1) الأزمنة العصور الجيولوجية في مصر

الأزمنة	العصور
الزمن الكانيوزوي العصر الحديث	البلايستوسين (انتهى منذ حوالي 20.000 سنة)
	البليوسين (انتهى منذ حوالي 500.000 سنة)
	الميوسين (انتهى منذ حوالي 10 مليون سنة)
	الأوليجوسين (انتهى منذ حوالي 17 مليون سنة)
	الإيوسين (انتهى منذ حوالي 30 مليون سنة)
	البلايستوسين (انتهى منذ حوالي 20.000 سنة)
الميزوزوي	الكريتاسي (انتهى منذ حوالي 50 مليون سنة)
	الجوراسي
	الترياسي
الباليوزوي	البرمي (انتهى منذ حوالي 175 مليون سنة)
	الكربوني
	الديفوني
	السيلوري
	الأوردوفيسي
	الكامبري
البروتيروزي	
الأركي	

جدول (2) تقسيم عصريَّ البليستوسين والحديث

العصر	التقسيم الفرعي
الحديث	**العصر الحديث التاريخي:** منذ حوالي 3400 ق.م وحتى اليوم
	عصر ما قبل الأسرات: من حوالي 4500 ق.م الى حوالي 3400 ق.م
	العصر الحجري الحديث: فترة أدوات الحجر المصقول والنماذج البدائية من الفخار: من حوالي 8000 ق.م إلى حوالي 4500 ق.م.
	الفترة الانتقالية بين نهاية الحجري القديم وبداية الحجري الحديث: من حوالي 10.000 ق.م الى حوالي 8000 ق.م.
	أواخر الحجري القديم: فترة الحضارة السيبيلية في وادى النيل والفيوم. انتهت حوالي 10.000 ق.م.
البلايستوسين	**العصر الحجري القديم الأوسط:** **عصر** الحضارة الموستيرية[1] في وادى النيل والفيوم. انتهى حوالي 20.000 قبل الميلاد.
	بواكير الحجري القديم: عصر الحضارتين التشولية والأشيولية في وادي النيل. انتهى حوالي 50.000 قبل الميلاد.
	مطلع عصر البلايستوسين: ما قبل ظهور الانسان في مصر.

(1) على امتداد صفحات هذا الكتاب سرت على منهج دكتور ساندفورد في اطلاق اسم " موستيري " على ثقافة العصر الباليوليتي الوسيط في مصر. وحتى سنوات قليلة مضت كان يطلق عليه هذا الاسم بشكل ثابت، لكن مؤخرا قد صنفه البروفيسور بروي باسم " العصر الليفالوزي ".

جدول (3) مناسيب ودرجات انحدار السهل الفيضي الحالي

الموقع	ارتفاع السهل الفيضي عند حافة الصحراء بالأمتار فوق سطح البحر	المسافة من القاهرة على امتداد خط منتصف الوادي بالكيلومترات	متوسط انحدار السهل الفيضي الحالي بالأمتار
وادي حلفا	125	1179	12.200/1
الشلال (عند رأس جندل أسوان)	97	837	1400/1
أسوان (عند أقدم الجندل)	92	830	12.700/1
دراو	88	793	
إدفو	83	730	
الأقصر	76	626	
نجع حمادي	67	519	
أسيوط	51	351	
أبو قرقاص	41	252	
الفشن	31	145	
بنى سويف	27	109	
القاهرة	17	0	
نقطة على ساحل الدلتا شمال القاهرة مباشرة على خط مستقيم.	1	170	

جدول (4)

العصر	المرحلة	المنسوب التقريبي للسهل الفيضي عند بنى سويف بالأمتار فوق مستوى سطح البحر	الانحدار التقريبي للسهل الفيضي من بنى سويف حتى البحر
البليوسين المتأخر	مصطبة نهرية منسوبها 140م	167	1متر / 10500متر
	مصطبة نهرية منسوبها 115	142	
البلايستوسين الباكر	مصطبة نهرية منسوبها 90م	117	
	مصطبة نهرية منسوبها 60م	87	
	مصطبة نهرية 45 م	72	
الحجري القديم الباكر	التشيلى (مصطبة نهرية منسوبها 30 م)	57	
	الأشيولي(مصطبة نهرية بمنسوب 15 م)	42	
الحجري القديم الوسيط	العصر الموستيري الباكر (مصطبة نهرية بمنسوب 9 م)	36	
	الموستيري الوسيط	12	9000/ 1
	الموستيري المتأخر	36	10000 /1
الحجري القديم المتاخر	السبيلي الباكر	30	11500 / 1
	السبيلي الوسيط	24	10000/ 1
	السبيلي المتأخر	3-	7400 / 1
الحجري الحديث الباكر		20	9500 / 1
العصر الحالي		27	10500 / 1

جدول (5) المستويات النسبية للبحر المتوسط وأبعاد خط الساحل عن القاهرة

العصر	المرحلة	المستوى التقريبي للبحر المتوسط قياسا باليابسة بعد مقارنته بالمستوى الحالي (بالأمتار)	البعد التقريبي لخط الساحل عن القاهرة (بالكيلومترات)
البليوسين المتأخر	المصطبة النهرية 140 متر	+ 154	25
	المصطبة النهرية 115 متر	+ 129	28
أوائل البلايستوسين	المصطبة النهرية 90 متر	+ 103	33
	المصطبة النهرية 60 متر	+ 72	45
	المصطبة النهرية 45 متر	+ 57	48
أوائل العصر الحجري القديم	الشيلى (المصطبة النهرية 30 متر)	+ 41	53
	الأشيولي(المصطبة النهرية 15 متر)	+ 25	64
العصر الحجري القديم الأوسط	بواكير العصر الموستيري (المصطبة النهرية 9م)	+ 18	70
	الموستيري الوسيط	- 12	90
	الموستيري المتأخر	+ 16	82
نهايات العصر الحجري القديم	السبيلي الباكر	+ 13	85
	السبيلي الوسيط	+ 3	103
	السبيلي المتأخر	- 43	181
العصر الحجري الحديث	بواكير العصر الحجري الحديث	- 10	173
العصر الحالي		0	170

جدول (6) إجمالي المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، جزء في المليون

الشهر	قياسات لينيي من عينات شهرية 1874-1875	قياسات بولارد (من عينات كل أسبوعين) 1888-1889	قياسات لوكاس (متوسط 3سنوات) من عينات شهرية 1905-1907	قياسات تود وازادايان، من عينات شهرية 1915-1926 (متوسط 12 عام)	قياسات زيلبناس (متوسط عامين) من عينات شهرية 1929-1931	قياسات ويليامسون والأجيم، من عينات كل أسبوعين 1933-1936 (متوسط 4 سنوات)	المتوسط التقريبي لـ 22 عام (1915-1936) حسبما استُنتج من الأرقام الموجودة في الأعمدة الثلاثة الأخيرة
	عام **1875**	عام **1889**					
يناير	145	136	159	164	166	154	162
فبراير	147	163	168	178	181	164	175
مارس	178	199	186	204	175	181	196
ابريل	182	244	216	220	220	204	216
مايو	205	277	224	221	223	202	217
	عام **1874**	عام **1888**					
يونيو	203	260	226	221	196	194	212
يوليو	164	263	209	203	161	211	200
أغسطس	166	173	174	135	131	158	140
سبتمبر	194	133	136	138	137	138	138
أكتوبر	159	124	130	132	136	131	132
نوفمبر	150	131	142	136	153	137	138
ديسمبر	153	131	143	155	171	142	154
متوسط الاثني عشر شهراً	**170**	**186**	**176**	**175**	**171**	**168**	**173**

جدول (7) تقدير متوسط الكميات اليومية من المادة الصلبة المذابة التي يحملها النيل قبالة القاهرة **1915-1936**

الشهر	معدل تدفق النيل قبالة القاهرة بالمليون متر مكعب في اليوم	متوسط نسبة إجمالى المادة الصلبة المذابة، بوحدة وزن بالجزء في المليون	متوسط كمية المواد الصلبة المذابة المحمولة قبالة القاهرة، بالطن في اليوم
يناير	102	162	16,500
فبراير	78	175	13,600
مارس	57	196	11,200
ابريل	48	216	10,400
مايو	48	217	10,400
يونيو	61	212	12,900
يوليو	86	200	17,200
أغسطس	365	140	51,000
سبتمبر	554	138	76,500
أكتوبر	509	132	67,200
نوفمبر	309	138	42,600
ديسمبر	140	154	21,600
المتوسط اليومي خلال شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)			**59,300**
المتوسط اليومي خلال بقية السنة			**14,300**
المتوسط اليومي للسنة بأكملها			**29,300**

جدول (8)

	النسبة المئوية للبقايا الناتجة عن التبخر	الأجزاء في المليون الموجودة في الماء
كالسيوم	11.17	15.9
مغنسيوم	6.20	8.8
صوديوم	11.02	15.6
بوتاسيوم	2.74	3.9
حديد	1.56	2.3
كربونات	30.21	42.9
كلور	2.37	3.4
كبريتات	3.31	4.7
فوسفات PO_4	0.51	0.7
ثاني أكسيد السليكون	14.15	20.1
مادة عضوية وأملاح امونيوم	12.02	17.0
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	4.74	6.7
	100.00	142.0

جدول (9) النسبة المئوية للتركيب الكيماوي من المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، 1874-1875 (نقلا عن ليتيبي).

	عام 1875					عام 1874							السنة
	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	
كالسيوم	22.0	19.7	18.6	18.7	18.1	14.6	17.4	19.0	15.7	10.4	20.5	22.4	18.1
مغنسيوم	4.3	3.5	3.3	2.7	3.5	4.8	5.5	3.7	1.9	1.8	4.5	4.0	3.6
صوديوم	1.8	1.6	2.5	3.4	4.7	4.4	3.5	2.7	1.1	2.3	1.6	1.9	2.6
بوتاسيوم	4.8	5.3	3.4	2.8	1.6	10.1	5.3	7.5	17.6	12.3	7.2	6.1	7.0
كلور	1.7	1.7	3.4	5.1	8.5	8.1	5.2	3.8	1.1	3.1	1.4	2.1	3.7
الكبريتات	16.2	14.8	15.2	13.8	17.2	16.6	20.8	13.3	12.4	14.4	15.3	15.7	15.5
ثاني أكسيد السليكون	5.9	5.0	7.1	3.9	3.2	3.5	4.3	6.8	6.5	11.6	6.7	6.0	5.9
مادة عضوية	8.9	10.8	11.3	14.2	15.3	7.4	6.5	7.2	9.9	15.1	8.9	6.8	10.2
كربونات ومواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	34.4	37.6	35.2	35.4	28.4	30.5	31.5	36.0	33.8	29.0	33.9	35.0	33.4
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

جدول(10) النسبة المئوية للمركبات الكيميائية من المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة عام 1906 (نقلًا عن بيرنس)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	13.8	14.3	14.7	13.7	13.8	13.1	10.4	10.4	15.6	15.6	14.9	14.4	14.7
مغنسيوم	4.8	4.7	5.1	4.5	4.8	4.4	3.7	3.8	5.1	4.9	4.4	4.7	4.6
صوديوم	12.7	13.7	13.2	13.9	13.1	13.9	17.1	14.3	9.1	11.5	11.9	9.9	12.8
بوتاسيوم	2.5	2.7	3.3	3.5	7.2	7.2	9.5	8.5	2.7	2.3	2.9	2.5	4.6
كلور	3.8	5.5	7.5	7.5	7.8	7.4	8.0	6.0	2.4	2.3	3.0	2.8	5.3
كبريتات	3.4	4.6	5.3	4.6	4.3	4.8	4.9	4.1	6.1	5.4	4.6	4.0	4.7
ثاني أكسيد السليكون	20.6	15.4	13.4	11.0	8.9	11.3	9.8	10.7	23.6	22.1	20.5	21.5	15.7
مادة عضوية	15.3	13.8	11.7	15.9	19.0	17.1	15.1	13.8	12.0	10.8	15.5	17.0	14.8
كربونات مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	23.1	25.3	25.8	25.4	21.1	20.8	21.5	28.4	23.4	25.1	22.3	23.2	22.8
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

جدول (11) النسب المئوية للكلورين وحمض النتريك والمادة العضوية في المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة في الفترة 1905-1907 (لوكاس، من عينات أسبوعية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كلورين	4.4	5.8	7.2	8.9	9.3	9.4	7.8	6.0	2.8	2.9	2.5	4.5	6.0
النترات								0.93	1.24	0.35	0.13		0.22
المادة العضوية	0.9	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9

جدول (12) النسب المئوية للحديد والألومنيا في المادة الصلبة المذابة بالنيل عند القاهرة في تواريخ مختلفة من عام 1907 (لوكاس).

	26 مارس 1907	13أغسطس 1907	7سبتمبر 1907
Fe_2O_3, Al_2O_3	0.91	-	-
الحديد	-	0.17	0.21

جدول (13) النسبة المئوية للتركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة 1915- 1926 (تود وأزاديان).

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	16.6	17.9	17.0	16.0	15.2	13.8	13.3	18.1	18.2	18.6	18.0	17.1	16.6
مغنسيوم	4.3	4.7	4.4	4.3	4.5	4.1	3.6	5.1	4.9	4.8	4.8	4.6	4.5
كلور	6.1	7.1	10.1	9.7	8.6	8.6	6.9	2.3	2.1	2.5	3.5	5.1	6.1
كبريتات	4.4	4.9	5.3	5.6	5.1	4.7	5.3	5.9	4.7	4.7	3.9	4.4	4.9
ثاني أكسيد السليكون	11.0	10.4	9.4	8.1	6.9	5.8	5.9	13.1	13.4	12.8	11.9	10.9	10.0
مادة عضوية	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	1.0	1.2	1.1	1.0

مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	56.5	54.0	52.9	55.4	58.8	62.2	64.1	54.4	55.6	55.6	56.7	56.8	56.9
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
قلوية المياه مقاسة بمادة الميثايل البرتقالي، معبرا عنها بالكربونات	37.3	37.3	36.2	35.9	38.0	41.2	42.1	39.6	40.0	39.8	40.4	37.2	38.8

جدول (14) متوسط النسب المئوية الشهرية لحامض الكربونيك الموجود في المادة الصلبة المذابة بمياه النيل عند القاهرة (1924- 1925) حسبما تم تقديرها بالمعايرة. (ألاجيم).

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
نسبة ثالث اكسيد الكربون Co_3 في أملاح الكربونات	0.0	0.0	0.3	1.3	3.0	4.6	3.8	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2
نسبة ثالث اكسيد الكربون Co_3 في أملاح البيكربونات	39.0	40.0	37.4	35.0	36.2	38.2	38.6	39.7	39.8	40.6	42.3	42.2	39.1
إجمالي أملاح الكربونات	39.0	40.0	37.7	36.3	39.2	42.8	42.4	40.7	40.1	40.6	42.3	42.2	40.3

جدول (15) متوسط النسب المئوية الشهرية لحامض الكربونيك الموجود في المادة الصلبة المذابة بالنيل عند القاهرة، من يوليو 1924 حتى ابريل 1925، حسبما قيست بطريقة المعايرة (نقلًا عن موصيري)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
نسبة Co_3 في أملاح الكربونات	0.0	1.4	1.6	2.0	4.6	5.2	4.6		0.4	3.1	0.6	0.0	2.1
نسبة Co_3 في أملاح البيكربونات	41.6	41.0	37.3	35.3	37.4	40.7	43.4		41.8	41.0	44.4	43.2	40.7
إجمالي الكربونات	41.6	42.4	38.9	37.3	42.0	45.9	48.0		42.2	44.1	45.0	43.2	42.8

جدول (16) تقديرات متوسط النسب المئوية الشهرية لحمض الكربونيك وإجمالي السليكا الموجودة في المادة الصلبة المذابة للنيل عند القاهرة، من نوفمبر 1924 حتى يوليو 1927. (نقلًا عن موصيري)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
ثالث اكسيد الكربون في الكربونات كما قدر بطريقة المعايرة	1.0	1.4	1.5	2.4	3.9	5.4	4.6	3.2	1.7	0.9	0.2	1.2	2.3
ثالث اكسيد الكربون في البيكربونات كما قدر بطريقة المعايرة	39.4	39.5	35.8	34.0	36.5	37.6	39.7	36.2	39.4	40.0	42.2	40.1	38.4
إجمالي ثالث اكسيد الكربون كما قدر بطريقة المعايرة	40.4	40.9	37.3	36.4	40.4	43.0	44.3	39.4	41.1	40.9	42.4	41.3	40.7
إجمالي ثالث اكسيد الكربون كما قدر بطريقة الثقل النوعي	31.3	30.8	28.9	27.0	31.5	36.8	38.0	29.8	29.8	28.6	31.3	30.8	31.2
الفرز الكيميائي	9.1	10.1	8.4	9.4	8.9	6.2	6.3	9.6	11.3	12.3	11.1	10.5	9.5
إجمالي ثاني أكسيد السليكات كما قدر بطريقة الثقل النوعي	12.9	12.9	11.3	10.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	11.6

جدول (17)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
إجمالي ثالث اكسيد الكربون (بطريقة الثقل النوعي)	31.3	30.8	28.9	27.0	31.5	36.8	38.0	29.8	29.8	28.6	31.3	30.8	31.2
ثالث اكسيد الكربون في الكربونات (بطريقة المعايرة)	1.0	1.4	1.5	2.4	3.9	5.4	4.0	3.2	1.7	0.9	0.2	1.2	2.3
ثالث أكسيد الكربون الصحيح في البيكربونات	30.3	29.4	27.4	14.6	27.6	31.4	33.4	26.6	28.1	27.7	31.1	29.6	28.9
ثالث أكسيد الكربون الظاهر(بطريقة المعايرة)	39.4	39.5	35.8	34.0	36.5	37.0	39.7	36.2	39.4	40.0	42.2	40.1	38.4
مكافئات ثالث أكسيد الكربون من السليكات المتداخلة (بطريقة الفرز)	9.1	10.1	8.4	9.4	8.9	6.2	6.3	9.6	11.3	12.3	11.1	10.5	9.5
إجمالي ثاني أكسيد السليكات (بطريقة الثقل النوعي)	12.9	12.9	11.3	11.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	11.6

جدول (18)

أيون الحامض السليكاتي المفترض	رابع أكسيد السليكون SiO_4	ثالث أكسيد السليكون SiO_3	Si_2O_5
الوزن المجمع	23.1	38.2	68.3
إجمالي الحامض السليكاتي = 0.210 × الوزن المجمع	4.8	8.0	14.3
العامل لثاني أكسيد السليكون	.65	.79	.88
ثاني أكسيد السليكون الموجود كسليكات	3.2	6.3	12.2
إجمالي ثاني أكسيد السيلكون المذاب بعد الكشف عنه بالتحليل	3.9	3.9	3.9
ثاني أكسيد السيلكون غير المعاير (بطريقة الفرز)	0.7		

جدول (19) النسب المئوية التالية لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء:

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
الزيادة الظاهرة من ثالث اكسيد الكربون (بطريقة المعايرة)	9.1	10.1	8.4	9.4	8.9	6.2	6.3	9.6	11.3	12.3	11.1	10.5	9.5
المكافئات لرابع اكسيد السليكون	7.0	7.8	6.6	7.2	6.8	4.8	4.9	7.4	8.7	9.5	8.5	8.1	7.3
ثاني اكسيد السليكون الموجود في رابع اكسيد السليكون	4.6	5.1	4.3	4.6	4.4	3.1	3.2	4.8	5.7	6.2	5.6	5.3	4.7
إجمالي ثاني أكسيد السليكون بعد الكشف عنه بالتحليل.	12.9	12.9	11.3	10.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	11.6
ثاني أكسيد السليكون غير المعاير (بطريقة الفرز).	8.3	7.8	7.0	5.4	4.0	3.6	0.7	7.1	9.4	10.6	9.7	8.9	6.9

جدول (20) النسب المئوية للتركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة (1924- 1927). (موصيري)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	16.2	15.9	15.4	15.0	14.8	13.6	14.1	16.3	17.2	16.6	17.0	16.8	15.7
مغنسيوم	4.6	4.6	4.5	4.4	4.5	4.2	4.2	4.7	5.0	5.1	4.9	4.6	4.6
صوديوم	10.9	11.3	11.3	12.0	13.5	16.3	17.0	11.8	7.8	7.2	7.6	9.1	11.3
بوتاسيوم	2.1	2.2	2.1	2.2	2.5	3.2	4.2	3.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.6
أكسيد الحديد، أكسيد الألومنيوم	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2			0.4	0.4	0.5	0.5	0.3

كلور	7.3	8.2	10.6	12.0	10.7	9.6	9.0	5.6	3.0	3.2	4.8	5.5	7.5
ثالث أكسيد الكربون	31.3	30.8	28.9	27.0	31.5	36.8	38.0	29.8	29.8	28.6	31.3	30.8	31.2
رابع أكسيد الكبريت	5.2	5.4	6.3	6.6	6.2	4.9	5.0	5.8	5.5	4.7	4.6	5.1	5.4
رابع أكسيد البوتاسيوم	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2
ثالث أكسيد النتروجين	0.1	0.0	0.0								1.6	0.4	0.4
رابع أكسيد السليكون	7.0	7.8	6.6	7.2	6.8	4.8	4.9	7.4	8.7	9.5	8.5	8.1	7.3
ثاني أكسيد السليكون الحر	8.3	7.8	7.0	5.4	4.0	3.6	0.7	7.1	9.4	10.6	9.7	8.9	6.9
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	6.5	5.5	6.9	7.7	5.2	2.7	2.7	7.6	10.4	11.4	7.0	7.9	6.6
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
اجمالي ثاني أكسيد السليكون	12.9	12.9	11.3	11.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	11.6
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	1.0	1.4	1.5	2.4	3.9	5.4	4.6	3.2	1.7	0.9	0.2	1.2	2.3
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	39.4	39.5	35.8	34.0	36.5	37.6	39.7	36.2	39.4	40.0	42.0	30.1	38.4

جدول (21) النسب المئوية للمركبات الكيميائية للمادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة 1929- 1931

(نقلا عن زليناس)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	13.8	12.9	14.8	150 2	15.6	15.4	13.6	13.1	15.7	15.0	13.2	12.4	14.2
مغنسيوم	3.0	2.9	3.8	3.7	3.8	4.0	3.6	3.4	3.8	3.8	3.4	3.2	3.5
كلور	6.2	9.6	11.0	12.7	12.8	10.6	6.8	3.4	4.1	5.2	6.7	6.7	8.0
رابع أكسيد الكبريت	6.6	5.6	6.7	5.8	5.7	6.4	6.6	3.8	7.0	7.1	8.8	6.3	6.1
إجمالي ثاني أكسيد السليكون	12.0	12.0	12.6	10.0	1.3	10.9	11.8	8.1	12.4	13.6	12.8	12.0	11.5
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	58.4	57.0	51.1	52.6	51.8	52.7	57.6	68.2	57.0	55.3	58.1	59.4	56.7
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	36.0	38.2	37.9	33.6	35.4	40.9	42.0	37.8	37.4	39.6	40.4	38.7	38.2

جدول (22) النسب المئوية للمركبات الكيميائية للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة (1933- 1936)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	13.8	14.4	14.0	12.9	12.6	11.3	10.7	14.3	15.9	15.7	16.0	14.6	13.9
مغنسيوم	5.3	5.0	5.1	5.3	4.8	5.1	4.9	5.8	6.0	5.8	5.4	5.6	5.3
صوديوم	10.6	11.0	12.2	13.2	14.0	16.8	16.8	9.1	5.8	6.7	8.1	9.4	11.1
كلور	6.4	7.0	9.0	10.7	9.9	9.0	7.8	4.4	2.7	2.7	3.7	5.6	6.6
رابع أكسيد الكبريت	6.2	4.9	5.8	7.3	5.4	5.0	5.7	6.6	6.3	5.8	6.3	6.7	6.0
إجمالي ثاني أكسيد السليكون	15.4	13.6	10.8	11.4	9.4	9.2	6.8	14.0	17.7	16.8	15.2	16.3	13.0
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	58.4												56.7
	100.0	100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0	.100.0
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	1.5	1.3	1.1	2.0	2.9	4.0	3.4	2.2	1.9	1.8	3.2	3.3	2.4
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبرا عنها بثالث اكسيد الكربون	39.2	38.4	38.9	37.1	39.3	41.2	42.2	40.5	38.5	40.6	40.8	42.2	39.9

جدول (23) النسب المئوية للعناصر المختلفة التي تحتويها المادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، وفقا للحسابات التي أجراها العديد من المحللين (1870-1936)

	النهر الطبيعي		النهر الخاضع للتحكم الصناعي						متوسط الاوزان بناء على الستة أعمدة السابقة.
	بوب 1870 (تحليل واحد فقط)	ليتيي 1874-1875 (تحليل تم في لندن)	بيرنس 1906 Wt.1	لوكاس 1905 Wt.12	تود وأزاديان 1915 – 1926 Wt.11	موصيري 1924-1927 Wt.10	زيليناس 1929 – 1931 Wt.2	ويليامسون و ألاجيم 1933-1936 Wt.6	
	متوسط القيم خلال أشهر الفيضان الاربعة (اغسطس الي نوفمبر)								
كالسيوم	11.2	16.4	14.1	---	18.2	16.8	14.2	15.5	16.8
مغنسيوم	6.2	3.0	4.6	---	4.9	4.9	3.6	5.8	4.9
صوديوم	11.0	1.9	11.7	---	---	8.6	---	7.4	8.3
بوتاسيوم	2.7	11.2	4.1	---	---	2.6	---	---	2.7
حديد	1.6	---	---	---	---	---	---	---	---
Fe_2O_3 و Al_2O_3	---	---	---	---	---	0.4	---	---	0.4
ثالث اكسيد الكربون	30.2	---	---	---	---	29.8	---	---	29.8
كلور	2.4	2.4	3.4	3.6	2.6	4.2	5.0	3.4	3.5
رابع اكسيد الكبريت	3.3	13.8	5.0	---	4.8	5.2	5.9	6.2	5.3
ثالث اكسيد النيتروجين	بقايا	بقايا	---	0.7	---	[2]1.6	---	---	1.1
رابع اكسيد البوتاسيوم	0.5	بقايا	---	---	---	0.3	---	---	0.3

(2) من حسابين اثنين فقط.

رابع اكسيد السليكون	---	---	---	---	---	8.5	---	---	8.5
ثاني اكسيد السليكون الحر	---	---	---	---	---	9.2	---	---	9.2
مادة عضوية	---	---	---	0.9	1.1	---	---	---	1.0
اجمالي ثاني اكسيد السليكون	14.2	7.9	19.2	---	12.8	14.8	11.7	15.9	14.3
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	---	---	---	---	---	1.5	---	2.1	1.8
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	40.0	41.0	38.8	40.1	40.3
	متوسط القيم خلال الاشهر الثمانية المتبقية من العام								
كالسيوم	---	18.9	13.5	---	15.9	15.2	14.2	13.2	14.8
مغنسيوم	---	3.9	4.6	---	4.3	4.4	3.5	5.1	4.5
صوديوم	---	3.0	13.4	---	---	12.7	---	---	12.9
بوتاسيوم	---	4.9	4.8	---	---	2.6	---	---	2.8
Fe2O3و 3 Al2O	---	---	---	---	---	0.3	---	---	0.3
ثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	---	31.9	---	---	31.9
كلور	---	4.5	6.3	7.3	7.8	9.1	9.5	8.2	8.2
رابع اكسيد الكبريت	---	16.3	4.5	---	5.0	5.6	6.2	5.9	5.5

ثالث اكسيد النيتروجين	---	بقايا	---	---	---	0.1[3]	---	---	0.1
رابع اكسيد البوتاسيوم	---	بقايا	---	---	---	0.2	---	---	0.2
رابع اكسيد السليكون	---	---	---	---	---	6.6	---	---	6.6
ثاني اكسيد السليكون الحر	---	---	---	---	---	5.7	---	---	5.7
مادة عضوية	---	---		0.8	1.0	---	---	---	0.9
اجمالي ثاني اكسيد السليكون	--	14.9	14.0	---	8.6	9.4	11.4	11.6	9.9
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	---	---	---	---	---	2.7	---	2.5	2.6
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبرا عنها بثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	38.2	40.5	37.8	39.8	39.3

(3) من خمسة حسابات فقط.

جدول (24) البقايا الناتجة عن التبخير من ست عينات للمياه أخذت من النهر في اشهر يونيو وأغسطس وسبتمبر عام 1937، ويناير وفبراير 1938

	النسبة المئوية للفاقد من الوزن	
	فيما بين 100°م و120 ° م	فيما بين 100° م و180° م
المتوسط من عينتين خلال شهور الفيضان	2.6	4.4
المتوسط من 4 عينات خلال الشهور الاخرى	0.6	2.2

جدول (25) التركيب التقريبي للمادة الصلبة المذابة، حسب النتائج المباشرة للتحليلات التي أجريت من عام 1906 حتى 1936.

	أشهر الفيضان (أغسطس – نوفمبر)		الأشهر الباقية من السنة	
	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة	مكافئات الجرام لكل 100 جم من المواد الصلبة المذابة	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة	مكافئات الجرام لكل 100 جم من المواد الصلبة المذابة
كالسيوم	16.8	.838	14.8	.738
مغنسيوم	4.9	.403	4.5	.370
صوديوم	8.3	.361	12.9	.561
بوتاسيوم	2.7	.069	2.8	.072
أكاسيد حديد وأكاسيد ألومنيوم	0.4		0.3	
ثالث اكسيد الكربون	29.8	.993	31.9	
كلور	3.5	.098	8.2	
رابع اكسيد الكبريت	5.3	.113	5.5	
ثالث اكسيد النيتروجين	1.1	.018	0.1	

رابع اكسيد البوتاسيوم	0.3	.009	0.2	
رابع اكسيد السليكون	8.5	.368	6.6	
ثاني اكسيد السليكون الحر	9.2		5.7	
المادة العضوية	1.0		0.9	
الماء في البقايا الجافة	4.4		2.2	
	96.2	الفرز.072	96.6	الفرز.039

جدول (26) متوسط التركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، والأجزاء في المليون للعناصر المختلفة المذابة الموجودة في الماء 1906-1936.

العناصر	النسبة المئوية للمادة الصلبة المذابة		الأجزاء في المليون المذابة في الماء	
	شهور الفيضان (أغسطس – نوفمبر)	بقية السنة	شهور الفيضان (أغسطس – نوفمبر)	بقية السنة
كالسيوم	17.1	15.1	23.6	28.8
مغنسيوم	5.0	4.6	6.9	8.8
صوديوم	8.4	13.2	11.6	25.2
بوتاسيوم	2.7	2.9	3.7	5.5
ألومينا وأكسيد الحديد	0.4	0.3	0.6	0.6
حامض الكربونيك وثاني أكسيد الكربون	31.7	33.4	43.6	63.8
كلورين	3.7	8.6	5.1	16.4
حامض الكبريتيك ورابع أكسيد الكبريت	5.6	5.8	7.7	11.1
حامض النيتريك وثالث اكسيد	1.2	0.1	1.6	0.2

النتروجين				
حامض الفوسفوريك ورابع أكسيد البوتاسيوم	0.3	0.2	0.4	0.4
الحامض السليكاتي ورابع اكسيد السليكون	9.0	6.9	12.4	13.2
السليكا الحرة وثاني أكسيد السليكون	9.4	5.8	13.0	11.1
المادة العضوية	1.0	0.9	1.4	1.7
الماء في البقايا الجافة	4.5	2.2	(6.2)	(4.2)
	100.0	100.0	138.0	191.0

جدول (27) النسب المتوسطة للمواد المتنوعة المذابة في مياه النيل عند القاهرة 1906- 1936

	النسبة المئوية للمادة الصلبة المذابة		الاجزاء في المليون المذابة في الماء	
	شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)	بقية السنة	شهور الفيضان (إجمالي المواد الصلبة 138)	بقية السنة (إجمالي المواد الصلبة 191)
كربونات الكالسيوم	21.8	22.5	30.1	43.0
كربونات المغنسيوم	12.4	10.8	17.1	20.6
كربونات الصوديوم	13.8	17.6	19.0	83.6
كربونات البوتاسيوم	4.8	5.1	6.6	9.8
كلوريد الصوديوم	6.1	14.1	8.4	26.9
كبريتات المغنسيوم	7.0	7.3	9.7	13.9
نيترات الكالسيوم	1.5	0.2	2.1	0.4
فوسفات الكالسيوم	0.5	0.3	0.7	0.6
سليكات الكالسيوم	16.8	12.9	23.2	24.6
السليكا الحرة	9.4	5.8	13.0	11.1
الالومينا واكسيد الحديد	0.4	0.3	0.5	0.6
المادة العضوية	1.0	0.9	1.4	1.7
الماء المحتجز في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير	(4.5)	(2.2)	(6.2)	(4.2)
	100.0	100.0	138.0	191.0

جدول (28) المتوسط التقريبي لإجمالي كميات المواد المذابة التي يحملها نهر النيل سنوياً أمام القاهرة 1906-1936

	خلال شهور الفيضان الاربعة (اغسطس – نوفمبر) بالطن	خلال الشهور الثمانية الباقية من السنة- بالطن	الإجمالي للسنة - بالطن
كربونات الكالسيوم	1.595.300	817.000	2.421.300
كربونات المغنسيوم	906.300	391.400	1.297.700
كربونات الصوديوم	1.070.000	638.400	1.708.400
كربونات البوتاسيوم	349.800	186.200	536.000
كلوريد الصوديوم	445.200	511.100	956.300
كبريتات المغنسيوم	514.100	264.100	778.200
نيترات الكالسيوم	111.300	7.600	118.900
فوسفات الكالسيوم	37.100	11.400	48.500
سليكات الكالسيوم	1.229.600	467.400	1.697.000
السليكا الحرة	689.000	210.900	899.900
الألومينا وأكسيد الحديد	26.500	11.400	37.900
المادة العضوية	74.200	32.300	106.500
الاجمالي	7.048.400	3.549.200	10.597.600

جدول (29) الأسمدة الصناعية التي استوردتها مصر

	1906[4]	1916	1926	1936
	بالطن	بالطن	بالطن	بالطن
نيترات الصودا	10.500	19.350	172.849	207.380
نيترات الجير	---	---	25.236	176.187
نيترات الامونيا	---	---	---	19.581
سلفونيترات الامونيا[5]	---	---	---	15.637
نيترو الطباشير[6]	---	---	---	46.243
كبريتات الامونيا	700	2.620	3.453	18.296
سوبر فوسفات الجير	1.500	3.250	36.791	86.661
أسمدة أخرى	25	212	4.744	2.453
المجموع	12.725	25.432	243.073	572.438

جدول (30) كميات العناصر المعدنية المختلفة التي دخلت للنهر في صورة محلول مذاب في مياه الصرف الزراعي في سنوات مختلفة

المركب	1906	1916	1926	1936
	بالطن	بالطن	بالطن	بالطن
كالسيوم	---	---	411	3.411
صوديوم	189	348	3.110	3.732
أمونيوم	13	48	63	1.221
حمض الكربونيك، ثالث أكسيد الكربون	---	---	---	999
حمض النيتريك، ثالث أكسيد النتيروجين	510	939	9.684	21.198
حمض الكبريتيك، رابع أكسيد السليكون	33	126	168	1.539

(4) ان التفاصيل لعام 1906 ما هي إلا أرقام تقريبية.

(5) خليط من حوالي 14 جزء من نيترات الأمونيوم مع 86 جزء من كبريتات الأمونيوم.

(6) خليط من حوالي 46 جزء من نيترات الأمونيوم مع 54 جزء من كربونات الكالسيوم.

جدول (31) النسبة المئوية التالية لإجمالي المواد الصلبة المذابة

المركب	1906	1916	1926	1936	الزيادة 1906-1936
	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية
كالسيوم	---	---	.004	.048	.048
صوديوم	.0018	.0032	.029	.033	.023
أمونيوم	.0001	.0005	.001	.011	.011
حمض الكربونيك، ثالث اكسيد الكربون	---	---	---	.009	.009
حمض النيتريك، ثالث اكسيد النتيروجين	.0048	.0088	.090	.193	.193
حمض الكبريتيك، رابع أكسيد السليكون	.0003	.0011	.002	.014	.014

جدول (32) نسب المادة العالقة في النيل عند القاهرة (1874- 1899) بالأجزاء في المليون أو بالمليجرامات لكل لتر

	1874-1875	1887	1888-1889	1891	1896	1897	1898	1899	النسبة القصوى	النسبة الدنيا	النسبة المتوسطة
	ليتيبي (عينات شهرية)[7]	ماتيي (عينات شهرية)[8]	بولارد[9] (عينات كل اسبوعين)	ريتشموند[10] (عينات شهرية)	ماكينزي [11] (عينات شهرية من عمق 1 متر في وسط المجرى)						
	1875		1889								
يناير	167	165	132		290	490			490	132	240

([7]) See Baker, (sir B.), “The River Nile”, proc. Inst. C. E., LX, (1880) P.376.

([8]) Quoted by SIR H.G. LYONS,” physiography of the River Nile and its Basin”, Cairo, 1906, p.307.

([9]) Rapport sur l’Administration des services sanitaires pour 1888, Cairo 1889, p.42.

([10]) Quoted by LYONS, op.cit., p.308.

([11]) Journal of the khedivial agricultural society, vol.1 (1888) ,pp.99-102. and Yearbook of the khedivial agricultural society for 1905, p.237.

175	95	270			270	250		95	132	126	فبراير
101	38	200			190	200	38	55	73	53	مارس
85	45	160			140	160	45	50	50	66	ابريل
68	14	140			140	130	14	25	50	48	مايو
								1888		1874	
101	28	170			130	170	6666	28	143	69	يونيو
156	37	313	131	201	110	100	313	37	182	178	يوليو
1448	1000	1862	1122	1862	1740	1000	1500	1631	1235	1492	أغسطس
1298	543	1974	1202	1288	1630	1660	1532	1974	553	543	سبتمبر
816	378	1350	634	905	100	1350		1056	390	378	أكتوبر
533	328	900	328	580	600	900		648	334	343	نوفمبر
335	138	630	138	420	350	630		235	291	279	ديسمبر

جدول (33) نسب المادة العالقة في النيل عند القاهرة (1906- 1932) بالأجزاء في المليون أو بالمليجرامات لكل لتر

الشهر	1906	1926-1913 (متوسط 14 عاماء)	1932 -1929 (متوسط 4 أعوام)	أعلى متوسط في الشهر	أقل متوسط في الشهر	المتوسط لكل السنوات المدرجة في الأعمدة السابقة
	بيرنس[13] عينات أسبوعية خلال الفيضان، وكل أسبوعين خلال بقية العام من نقطة متوسطة في المقطع العرضي للنهر	وزارة الصحة العمومية[12] (عينات أسبوعية أخذت من عمق نصف متر من وسط المجرى)				
يناير	135	105	62	135	50	97
فبراير	88	54	43	88	22	54
مارس	52	39	26	55	24	37
ابريل	46	34	24	66	20	33
مايو	41	24	20	50	12	24
يونيو	39	19	24	60	5	21
يوليو	29	37	66	184	11	43
أغسطس	508	1013	848	1763	166	952
سبتمبر	1270	1449	1279	1899	971	1404
أكتوبر	673	812	715	1225	496	784
نوفمبر	303	398	321	593	170	377
ديسمبر	195	188	113	349	50	172

(12) Yearbook of the khedivial agricultural society for 1906, pp.188,189.

(13)عن سجلات تكرم وأمدني بها مدير معامل وزارة الصحة العمومية بالقاهرة

جدول (34) تقدير متوسط إجمالي كمية المادة العالقة المحمولة سنوياً قبالة القاهرة 1913- 1932

الشهر	متوسط نسبة المادة العالقة عند عمق نصف متر في منتصف مجرى النهر عند القاهرة خلال ال 18 عام 1913 - 1926 و1929 - 1932	متوسط النسب المماثلة للمقطع العرضي الكلي للنهر	إجمالي أحجام المياه المارة بالقاهرة (متوسط ال 18 عام 1913 - 1926 و1929 – 1932)	إجمالي كمية المادة العالقة المحمولة سنوياءِ أمام القاهرة (متوسط الـ 18 عام 1913 - 1926 و1929 – 1932)
	الأجزاء في المليون	الأجزاء في المليون	كيلو مترات مكعبة	ملايين الأطنان
يناير	95	109	3.29	0.36
فبراير	52	60	1.90	0.11
مارس	36	41	1.68	0.07
ابريل	32	37	1.40	0.05
مايو	23	26	1.42	0.04
يونيو	20	23	1.64	0.04
يوليو	43	49	2.40	0.012
أغسطس	976	1122	10.78	12.10
سبتمبر	1411	1623	15.65	25.40
أكتوبر	790	909	14.83	13.48
نوفمبر	381	438	9.63	4.22
ديسمبر	171	197	4.57	0.90
الإجمالي خلال شهور الفيضان الأربعة (أغسطس إلي نوفمبر)				55.20
الإجمالي خلال الثمانية شهور المتبقية من السنة				1.69
الإجمالي خلال السنة بأكملها				56.89

جدول (35) المادة الصلبة المحمولة في النيل قبالة القاهرة، في صورة مذابة وفي صورة معلق

	المادة المذابة بالطن	المادة العالقة بالطن
متوسط الإجمالي السنوي	10.700.000	56.890.000
متوسط الإجمالي لشهور الفيضان الأربعة (أغسطس إلي نوفمبر)	7.230.000	55.200.000
متوسط الإجمالي للشهور الثمانية الباقية من السنة	3.470.000	1.690.000
المتوسط اليومي لشهور الفيضان الأربعة (أغسطس إلى نوفمبر)	59.300	452.000
المتوسط اليومي للشهور الثمانية الباقية من السنة	14.300	6.500

جدول (36) نسب المادة العالقة في النيل في صعيد مصر (1903- 1928) بالأجزاء في المليون أو بالملليجرامات لكل لتر.

	1903	1904	1905	1920		1921		1927		1928
الشهر	نجع حمادي (ناووس)[14] أخذت العينات من مسافة 60 متر عن الضفة، على فترات زمنية تقدر بخمسة أيام خلال الفيضان، ثم على فترات أطول خلال بقية السنة			جعفرة (مصلحة الرى) عينات أسبوعية من 8 نقاط في مقطع عرضي للنهر.	القاهرة (من أجل المقارنة)	البليدة (مصلحة الري) عينات أسبوعية أخذت من 24 نقطة في مقطع عرضي للنهر	القاهرة (من أجل المقارنة)	وادي حلفا (مصلحة الرى). عينات أخذت أسبوعيا أو أكثر عند عمق 50 سم في وسط المجرى	جعفرة (مصلحة الرى) عينات أخذت أسبوعيا أو أكثر من نقطة تقع عند عمق 50 سم تحت سطح النهر، ومن عمق 50 سم فوق قاع النهر في منتصف المجرى	وادي حلفا (مصلحة الري) عينات أخذت اسبوعيا أو أكثر عند عمق 60 سم في وسط المجرى
يناير		74	42							60
فبراير		39	30							88
مارس		44								19
ابريل										12
مايو		36	34							15
يونيو		70	31					13	8	24

([14]) See LYONS (SIR H.G.), "PHYSIOGRAPHY OF THE RIVER NILE AND ITS BASIN", Cairo 1906, p.306.

يوليو		82	36	384	16	83	19	216	142	156[15]
أغسطس	709	1086	673	1424	1197	984	1092	1954	2032	
سبتمبر	1145	764	1434	1026	1546	1421	1635	1534	2323	
أكتوبر	624	401		627	736	925	951	525	978	
نوفمبر	290	155		327	356	415	368	190	266[16]	
ديسمبر	141	67		66	199	150	157	167		

جدول (37) نسب المادة العالقة في النيل عند وادى حلفا والجعافرة خلال مواسم الفيضان للأعوام 1929 – 1930 -1931. بالأجزاء في المليون أو الملليجرامات لكل لتر.

فترة عشرة أيام	1929			1930		1931	
	وادي حلفا (مصلحة المساحة الجيولوجية) عينات أخذت 3 مرات أسبوعيا على الأقل عند 24 نقطة من مقطع عرضي للنهر	الجعافرة (مصلحة المساحة الجيولوجية) عينات أخذت 3 مرات أسبوعيا على الأقل عند 24 نقطة من مقطع عرضي للنهر	القاهرة (للمقارنة)	وادي حلفا (مصلحة المساحة الجيولوجية) عينات أخذت 3 مرات أسبوعيا عند 24 نقطة من مقطع عرضي للنهر	القاهرة (للمقارنة)	وادي حلفا (مصلحة المساحة الجيولوجية) عينات أخذت 3 مرات أسبوعيا عند 30 نقطة من مقطع عرضي للنهر	القاهرة (للمقارنة)
20-11 يوليو	587		225		25		15
31-21 يوليو	1683	1082	364		28		32
10-1 أغسطس	2599	2514	1252	1654	179	1030	28
20-11 أغسطس	2516	2471	1693	2401	1400	2892	230
30-21 أغسطس	2271	2222	1510	2340	1499	3645	1587
10-1 سبتمبر	1917	1838	1116	1764	1605	3323	2387
20-11 سبتمبر	1792	1704	1098	1566	1394	2279	1861
30-21 سبتمبر	1354	1498	1126	1045	1192	1738	1449
10-1 اكتوبر	1065	1123	1102	674	814	1335	1046
20-11 اكتوبر	804	861	839	508	591	794	908
31-21 اكتوبر	681	684	582		453	560	577
10-1 نوفمبر	506	501	583		331	511	472
20-11 نوفمبر	361	317	504		184		419
30-21 نوفمبر	172	161	376		170		242
10-1 ديسمبر			246		83		155

(15) من 1 يوليو الي 18 يوليو فقط.

(16) من 1 نوفمبر إلي 17 نوفمبر فقط

جدول (38) مقارنة إجمالي كميات المادة العالقة المحمولة أمام وادي حلفا والجعافرة خلال موسم الفيضان لعام 1929 – من الملاحظات التي سجلتها مصلحة المساحة الجيولوجية في المكانين

فترة عشرة أيام	وادي حلفا			الجعافرة		
	إجمالي تدفق النهر	المادة العالقة	إجمالي المادة العالقة	اجمالي تدفق النهر	المادة العالقة	إجمالي المادة العالقة
	كيلو متر مكعب	جزء في المليون	مليون طن	كيلو متر مكعب	جزء في المليون	مليون طن
21-31 يوليو	5.29	1683	8.90	4.53	1082	4.90
1-10 اغسطس	7.39	2599	19.21	6.64	2514	16.69
11-20 اغسطس	8.36	2516	21.03	7.93	2471	19.60
21-30 اغسطس	9.64	2271	21.89	9.60	2222	21.33
1-10 سبتمبر	9.24	1917	17.71	9.50	1838	17.46
11-20 سبتمبر	8.63	1792	15.46	8.96	1704	15.27
21-30 سبتمبر	7.90	1354	10.70	8.29	1498	12.42
1-10 اكتوبر	6.87	1065	7.32	6.94	1123	7.79
11-20 اكتوبر	6.02	804	4.84	5.97	861	5.14
21-31 اكتوبر	5.82	681	3.96	5.62	684	3.84
1-10 نوفمبر	4.05	506	2.05	4.11	501	2.06
11-20 نوفمبر	2.95	361	1.06	3.13	317	0.99
21-30 نوفمبر	2.32	172	0.40	2.33	161	0.38
الاجمالي	84.48		134.53	83.55		127.87

جدول (39) مقارنة لإجمالي كميات المادة العالقة المحمولة قبالة وادي حلفا والقاهرة خلال مواسم الفيضان لأعوام 1929، 1930، 1931.

فترة عشرة أيام	وادي حلفا			القاهرة		
	اجمالي تدفق النهر	المادة العالقة	إجمالي المادة العالقة	اجمالي تدفق النهر	المادة العالقة	إجمالي المادة العالقة
1929	كيلو متر مكعب	جزء في المليون	مليون طن	كيلو متر مكعب	جزء في المليون	مليون طن
11-20 يوليو	2.73	587	1.60			
21-31 يوليو	5.29	1683	8.90	2.36	364	0.86
1-10 اغسطس	7.39	2599	19.21	4.36	1252	5.64
11-20 اغسطس	8.36	2516	21.03	5.97	1693	10.11
21-30 اغسطس	9.64	2271	21.89	7.53	1520	11.44
1-10 سبتمبر	9.24	1917	17.71	7.30	1116	8.15
11-20 سبتمبر	8.63	1792	15.46	7.32	1098	8.04
21-30 سبتمبر	7.90	1354	10.70	6.45	1126	7.26
1-10 اكتوبر	6.87	1065	7.32	5.83	1102	6.42
11-20 اكتوبر	6.02	804	4.84	6.10	839	5.12
21-31 اكتوبر	5.82	681	3.96	6.91	582	4.02
1-10 نوفمبر	4.05	506	2.05	5.46	583	3.18
11-20 نوفمبر	2.95	361	1.06	4.09	504	2.06
21-30 نوفمبر	2.32	172	0.40	3.07	376	1.15
1-10 ديسمبر				2.21	246	0.54
الإجمالي لموسم الفيضان 1929		136.13			73.81	
1930						
1-10 اغسطس	5.01	1654	8.29			
11-20 اغسطس	6.96	2401	16.71	4.19	1400	5.87
21-31 اغسطس	7.77	2340	18.18	6.17	1499	9.25
1-10 سبتمبر	6.48	1764	11.43	5.18	1605	8.31
11-20 سبتمبر	6.54	1566	10.24	4.49	1394	6.26
21-30 سبتمبر	5.34	1045	5.67	4.37	1182	5.16
1-10 اكتوبر	4.90	674	3.30	3.78	813	3.07
11-20 اكتوبر	3.69	508	1.87	3.62	591	2.14
21-31 اكتوبر				3.44	453	1.56
الإجمالي لموسم الفيضان 1930		75.69			41.62	
1931						
1-10 اغسطس	3.17	1030	3.26			
11-20 اغسطس	5.70	2829	16.48	2.34	230	0.53
21-30 أغسطس	8.01	3645	29.20	5.48	1587	8.70
1-10 سبتمبر	7.97	3323	26.48	6.02	2387	14.37
11-20 سبتمبر	6.90	2279	15.72	5.67	1861	10.55
21-30 سبتمبر	6.70	1738	11.64	4.83	1449	7.00
1-10 اكتوبر	5.70	1335	7.61	4.74	1046	4.96

11-20 اكتوبر	4.40	794	3.49	4.91	908	4.46
21-31 اكتوبر	4.66	560	2.61	5.87	577	3.39
1-10 نوفمبر	3.49	511	1.78	4.21	472	1.99
11-20 نوفمبر				3.43	419	1.44
الإجمالي لموسم الفيضان 1931			118.27		57.39	

جدول(40) وبتلخيص النتائج الخاصة بمواسم الفيضان الثلاثة يكون لدينا الآتي:

	موسم الفيضان			المتوسط الحسابي
	1929	1930	1931	
إجمالي المادة العالقة المارة أمام وادي حلفا، بالمليون طن	136.13	75.69	118.27	110.0
إجمالي المادة العالقة المارة أمام القاهرة، بالمليون طن				
الفرز، بالمليون طن				
نسبة إجمالي كمية المادة العالقة المارة أمام القاهرة الي تلك الكمية المارة امام وادي حلفا.	.542	.552	.485	.525

جدول (41) حساب إجمالي كميات المادة العالقة التي تلاشت من النيل فيما بين أسوان والقاهرة بواسطة المضخات والترع، خلال مواسم الفيضان لأعوام 1929، 1930، 1931.

الفترات العشرية	الأجزاء في المليون للمادة العالقة في النهر، المتوسط الحسابي بين وادي حلفا والقاهرة	الكيلو مترات المكعبة من المياه المأخوذة من النيل				المادة العالقة التي تلاشت من النهر
		عن طريق الترع		بالمضخات (للرى الدائم)	الإجمالي	
		لرى الحياض	للرى الدائم			مليون طن
1929						
20-11 يوليو	406	----	0.30	0.05	0.035	0.14
31-21 يوليو	1024	----	0.36	0.06	0.42	0.43
10-1 اغسطس	1926	---	0.36	0.06	0.42	0.81
20-11 اغسطس	2105	0.46	0.36	0.06	0.88	1.85
31-21 اغسطس	1896	0.66	0.40	0.07	1.13	2.14
10-1 سبتمبر	1516	0.87	0.36	0.06	1.29	1.96
20-11 سبتمبر	14445	1.41	0.36	0.06	1.83	2.64
30-21 سبتمبر	1240	1.72	0.36	0.06	2.14	2.65
10-1 اكتوبر	1084	1.08	0.36	0.06	1.50	1.63
20-11 اكتوبر	822	0.60	0.36	0.06	1.02	0.84
31-21 اكتوبر	632	0.08	0.40	0.07	0.55	0.35
10-1 نوفمبر	545	-----	0.26	0.04	0.30	0.16
20-11 نوفمبر	432	----	0.20	0.03	0.23	0.10
30-21 نوفمبر	274	----	0.20	0.03	0.23	0.06
10-1 ديسمبر	173	----	0.20	0.03	0.23	0.4
						15.80
1930						
10-1 اغسطس	966	---	0.35	0.06	0.41	0.40
20-11 اغسطس	1900	0.28	0.36	0.06	0.70	1.33
30-21 اغسطس	1920	0.67	0.40	0.07	0.14	2.10
10-1	1685	0.99	0.36	0.06	1.41	2.37

سبتمبر						
20-11 سبتمبر	1480	1.50	0.36	0.06	1.92	2.84
30-21 سبتمبر	1113	1.28	0.36	0.06	1.70	1.89
10-1 اكتوبر	744	0.95	0.36	0.06	1.37	1.02
20-11 اكتوبر	550	0.58	0.36	0.06	1.00	0.05
31-21 اكتوبر	351	0.20	0.40	0.07	0.07	0.23
						12.82
1931						
10-1 اغسطس	529	---	0.31	0.05	0.36	0.19
20-11 اغسطس	1561	0.37	0.36	0.06	0.79	1.23
31-21 اغسطس	2616	0.87	0.40	0.07	1.34	3.50
10-1 سبتمبر	2855	1.24	0.36	0.06	1.66	4.74
20-11 سبتمبر	2070	1.57	0.36	0.06	1.99	4.12
30-21 سبتمبر	1594	1.72	0.36	0.06	2.14	3.41
10-1 اكتوبر	119	1.35	0.36	0.06	1.77	2.11
20-11 اكتوبر	851	0.36	0.36	0.06	0.78	0.66
31-21 اكتوبر	568	0.02	0.31	0.05	0.38	0.22
10-1 نوفمبر	492	----	0.21	0.04	0.25	0.12
20-11 نوفمبر	334	----	0.24	0.04	0.28	0.09
						20.39

جدول (41) وبجمع النتائج يكون لدينا:

	موسم الفيضان			المتوسط الحسابي
	1929	1930	1931	
المادة العالقة المتلاشية فيما بين أسوان والقاهرة بالمليون طن	62.32	34.07	60.88	52.42
المادة العالقة التي إزالتها الترع والمضخات بالمليون طن	15.80	12.82	20.39	16.34
الفرز، بالمليون طن	46.52	21.25	40.49	36.08
لمادة العالقة التي إزالتها الترع والمضخات معبراً عنها بالنسبة المئوية لإجمالي المواد المتلاشية	25.3 %	37.6 %	33.4 %	31.1 %

جدول (42) نسب المادة العالقة في النيل في عينات جمعت من أعماق تتراوح من متر إلى ثمانية امتار في وسط مجرى النهر عند نقطة تقع أعلى مجرى النهر على بعد 300 متر من قناطر الدلتا

العمق بالأمتار تحت السطح	1	2	3	4	5	6	7	8	المتوسط الحسابي
المادة العالقة بالجزء في المليون	359	428	487	517	530	566	654	658	526
النسبة إلى المتوسط الحسابي	0.68	0.81	0.93	0.98	1.01	1.08	1.22	1.25	1.00

جدول (43) المادة العالقة عند ارتفاعات مختلفة في النيل عند البليدة لعام 1921 (مصلحة الري) بالأجزاء في المليون أو بالملليجرامات لكل لتر.

الشهر	الاجزاء من العمق الكلي				المتوسط الحسابي
	1/5	2/5	3/5	4/5	
يوليو	73	78	87	93	83
اغسطس	855	929	991	1160	984
سبتمبر	1284	1356	1463	1583	1421
اكتوبر	825	888	960	1028	925
نوفمبر	371	397	430	463	415
ديسمبر	138	144	150	162	148
متوسط ستة أشهر	591	632	680	748	663
النسبة الى المتوسط الحسابي	0.89	0.95	1.03	1.13	1.00

جدول (44) المادة العالقة عند أعماق مختلفة في النيل عند وادي حلفا خلال موسمي الفيضان لعامي 1930، 1931 (المصلحة الجيولوجية) بالأجزاء في المليون أو المليجرامات لكل لتر.

الشهر	النسبة من العمق الكلي للنهر					المتوسط الحسابي للسرعة بعد تصحيحه
	50 سم تحت السطح	2/1	0.65	5/4	50 سم فوق قاع النهر	
اغسطس 1930	2031	2296			3124	2367
سبتمبر1930	1230	1373				
اكتوبر 1930	526	621				
متوسط الأشهر الثلاثة لعام 1930	1626	1430			2176	1548
اغسطس 1931	2601	2378	2788	3092	2967	2550
سبتمبر1931	2331	2549	2580	2846	2864	860
اكتوبر 1931	740	827	831	1130	1060	
متوسط الاشهر الثلاثة لعام 1931	1891	1918	2066	2356	2297	2060
النسبة الى المتوسط الحسابي1930	0.82	0.92			1.40	
النسبة الى المتوسط الحسابي1931	0.92	0.93	1.00	1.14	1.11	
متوسط نسبة المتوسط الحسابي	0.87	0.92	[1.00]	[1.14]	1.25	

جدول (45) عينات جُمعت من عمق مترين تحت سطح النيل بالبحر الأعمى، قرب الكوبري الانجليزي. وقد أمدنا المتوسط الحسابي لإحدى وثلاثين تحليلا بالنسب المئوية التالية:

الرمل الخشن %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %
0.2	12.7	25.3	61.8

جدول (46) النسب المئوية للرمل والغرين والصلصال في المادة العالقة للنيل عند القاهرة 1924 – 1927 (موصيري)

	الرمل الخشن	الرمل الناعم	الغرين	الصلصال	المادة شبه الغروية الموجودة في الصلصال
	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية
المتوسط خلال شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)1925	0.3	15.9	24.8	59.0	7.6
المتوسط خلال شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)1926	0.1	21.1	27.9	50.9	غير محددة
المتوسط الحسابي لشهور الفيضان الأربعة (اغسطس – نوفمبر)	0.2	18.5	26.3	55.0	7.6
المتوسط من ديسمبر 1924 الى يوليو 1925	0.3	12.7	24.4	62.6	6.5
المتوسط من ديسمبر 1925 الى يوليو 1926	0.2	10.9	25.4	63.5	8.5
المتوسط من ديسمبر 1926 الى يوليو 1927	0.1	8.9	24.9	66.1	غير محددة
المتوسط الحسابي للشهور الثمانية (ديسمبر – يوليو)	0.2	10.8	24.9	64.1	[7.5]

جدول (47) متوسط النسب المئوية للرمال والغرين والصلصال في المادة العالقة من ماء النيل عند وادي حلفا خلال موسمي الفيضان 1930 – 1931 (المصلحة الجيولوجية)

الشهر	1930			1931			المتوسط الحسابي للسنتين		
	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %
اغسطس	30	42	28	18	42	40	24	42	34
سبتمبر	40	39	21	29	42	29	35	40	25
اكتوبر	49	27	24	40	42	29	35	40	25
متوسط الثلاثة شهور	40	36	24	29	40	31	34	38	28

جدول (48) النسب المئوية التي سُجلت عند ذروة الفيضان، أي عند نهاية شهر اغسطس تقريبا

	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %
1930	34	40	26
1931	22	44	34
المتوسط الحسابي	28	42	30

جدول (49) متوسط النسب المئوية من الرمل والغرين والصلصال عند أعماق مختلفة في النهر عند وادي حلفا خلال مواسم الفيضان لعام 1930 و1931.

	1930			1931			المتوسط الحسابي للسنتين		
	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %
عمق 50 سم من السطح	23	47	30	19	45	36	21	46	33
عمق متوسط	32	41	27	24	43	33	28	42	30
0.65 من العمق الكلي	--	--	--	25	43	32	---	--	--
0.80 من العمق الكلي	---	--	--	34	38	28	--	--	--
50 سم من قاع النهر	53	29	18	32	39	29	43	34	23

جدول (50)

	الرمل الخشن %	الرمل الناعم %	الغرين %	الصلصال %
وادي حلفا (أغسطس – اكتوبر 1930-1931)	0	34	38	28
القاهرة (اغسطس – اكتوبر) 1925-1926	0.2	17.5	26.6	55.7
الفرز	0.2	11.4 16.5 27.9		27.7

جدول (51) التحليلات الكيميائية للمادة العالقة في النيل عند القاهرة 1850- 1927

	برازير [21] 1850	ليذيبي [20] 1874		بيرنس 1888-[19] 8918	لوكاس [18] 1906	موصيري [17] 1925- 1927	
	عينة أخذت خلال الفيضان	عينات أخذت خلال الفيضان (اغسطس وسبتمبر)	عينات أخذت في بقية السنة	المتوسط الحسابي لستة تحليلات لعينات أخذت خلال الفيضان	عينة أخذت خلال الفيضان	لمتوسط الحسابي لسبعة تحليلات لعينات أخذت خلال الفيضان (اغسطس الى نوفمبر)	المتوسط الحسابي لاحدى عشر تحليلا لعينات أخذت خلال بقية السنة
	%	%	%	%	%	%	%
مادة غير قابلة للذوبان والسليكا	---	--	----	57.54	----	---	---
السليكا	53.04	55.09	58.22	---	48.88	50.44	40.62
أكسيد الحديد	18.43	20.92	23.55	75.56	41.15	9.91	99.8
الألومينا	8.76				20.58	19.01	17.08
ثاني أكسيد التيتانيوم	---	---	---	----		2.21	4.98
ثاني اكسيد المنجنيز	---	----	---	0.25	n.d	0.26	0.23
الجير	2.25	2.06	3.18	3.07	3.68	4.16	4.31
مغنيسيا	0.66	1.42					3.05
بوتاس	0.69	1.82					0.93
صودا	2.16	0.91					0.79
أنهيدريت	---	----	----	-----	0.07	0.39	0.55

([17]) "Contribution a l'etude des eaux et du limon du Nil" ,oeuvre posthume de victor M. Mosseri , cairo ,1936 , نشرة مطبوعة مع تصويبات عديدة عن the Bulletin de l'Union des Agriculture d'Egypte, 34eme 919360 pp.123-132 and 338-345.

([18]) Lucas (A.), Chemistry of the River Nile " ,Cairo ,1903 ,p.17.

([19]) MACKENIZE (W.C.)Yearbook of the khedivial agricultural society for 1905 ,p.239.

([20]) BAKER (sir B.), "The River Nile " , proc.Inst C.E. vol 1x (1880) p.375.

([21]) HORNER(L.)," The Alluvial land of Egypt" ,phil.Trans.1855 p.125.

الكبريت							
ثاني أكسيد الكربون	----	1.28[23]	1.44[22]	0.73	0.35	1.08	1.28
انهيدريت الفوسفور	----	1.78	0.57	0.26	0.25	0.24	0.25
كربونات الكالسيوم	4.19	---	---	---	---	----	---
كبريتات الكالسيوم	0.75	-----	---	---	---	----	----
كلوريد الصوديوم	0.01	---	---	---	---	----	---
مادة عضوية	9.03	15.62	10.37	8.82	---	-----	----
ماء مركب	---	-----	------	-----	7.69[24]	----	---
الفاقد بعد الاشعال[26]	---	----	---	----	-----	[25]8.48	11.62
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	101.55	10.59
نيتروجين	----	----	----	0.145	---	0.131	0.241[27]
كربون عضوى	-----	-----	----	-----	----	1.14	1.91

جدول (52) التحليلات الكيميائية للمادة العالقة في النيل عند القاهرة في شهور مختلفة 1925- 1927 (موصيري)

	يناير (المتوسط الحسابي لسنتين)	فبراير (سنة واحدة)	مارس (سنة واحدة)	ابريل (سنة واحدة)	مايو (سنة واحدة)	يونيو (المتوسط الحسابي لسنتين)	يوليو (المتوسط الحسابي لسنتين)	اغسطس	سبتمبر (المتوسط الحسابي لثلاث سنوات)	أكتوبر (المتوسط الحسابي لسنتين)	نوفمبر (المتوسط الحسابي لسنتين)	ديسمبر (سنة واحدة)
	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%
السليكا	51.40	48.60	48.50	48.60	50.80	46.95	51.54		50.33	50.50	51.05	49.70
أكسيد الحديد	9.04	11.28	11.08	10.35	10.40	8.91	9.51		9.78	10.60	9.42	10.76
الألومينا	18.62	16.96	17.62	19.14	17.13	15.28	15.34		18.72	18.68	19.76	18.54

(22) حامض الكربونيك والفاقد

(23) حامض الكربونيك والفاقد.

(24) يتضمن القليل من مادة عضوية طيارة وكذلك بعض الماء الناتج عن تحلل المادة العضوية.

(25) تم حسابه في 4 تحليلات من أصل سبعة تحليلات فقط.

(26) يشمل "الفاقد عن الاشعال" المادة العضوية والماء المركب فقط، حيث أخبرني مستر ألاجيم (الذي اشترك مع مستر موصيري في إجراء تحليلاته) أن أي وجود لثاني أكسيد الكربون قد تلاشى مع هذه العناصر كان قد أعيد تخزينه عن طريق ترطيب المادة المشتعلة بكربونات الامونيوم ثم إعادة تسخينه قبل إجراء الوزن لحساب الفاقد

(27) تم حسابه في 6 تحليلات من أصل سبعة تحليلات فقط.

ثاني أكسيد التيتانيوم	2.22	2.00	1.88	1.88	2.00	1.78	1.87		2.11	2.30	2.27	2.20
ثاني اكسيد المنجنيز	0.22	0.26	0.20	0.28	0.26	0.18	0.19		0.23	0.22	0.24	0.25
الجير	4.18	4.75	4.25	3.66	3.25	5.31	4.12		4.17	4.12	4.18	4.25
مغنيسيا	3.30	3.07	3.18	3.24	3.24	2.72	2.68		3.52	3.34	3.38	3.43
بوتاس	1.02	1.02	0.92	0.98	0.85	0.82	0.80		1.05	1.06	1.12	1.15
صودا	0.92	0.63	0.60	0.55	0.82	0.82	0.78		1.03	0.98	0.81	1.06
أنهيدريت الكبريت	0.48	0.51	0.42	0.51	0.51	0.86	0.60		0.37	0.33	0.47	0.25
ثاني أكسيد الكربون	1.09	1.06	0.90	0.86	0.90	2.34	1.28		1.01	1.00	1.09	0.90
انهيدريت الفوسفور	0.26	0.25	0.23	0.35	0.21	0.22	0.22		0.24	0.23	0.24	0.26
الفاقد عند الاشعال	9.77	11.10	11.45	11.30	10.00	14.88	11.82		8.72	8.60	7.90	9.16
	102.52	101.49	101.32	101.70	100.37	101.07	100.66		101.28	101.96	101.93	101.91
نيتروجين	0.22	0.14	0.28	0.35	n.d	n.d	n.d		0.13	0.12	0.15	0.13
مادة عضوية	1.64	2.23	1.99	2.14	2.62	5.38	3.78		1.52	1.42	1.36	1.38

جدول (53) نسب المادة العضوية والماء المركب في المادة العالقة في النيل عند القاهرة في شهور مختلفة (1925- 1927) كما استُنتجت من تحليلات مستر موصيري:

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
المادة العضوية	2.83	3.83	3.43	3.69	4.52	9.27	6.45	لا تحليلات	2.62	2.45	2.34	2.38
الماء المركب	6.94	7.27	8.02	7.61	5.48	5.61	5.37		6.10	6.15	5.56	6.78

جدول (54) متوسط النسب المئوية للمادة العضوية والكبريت الكلي في المادة العالقة في الفصلين، كما كشفها مستر موصيري،

	المادة العضوية	الكبريت الكلي (=So3x 0.40)
متوسط النسبة المئوية خلال يونيو ويوليو	7.86	0.292
متوسط النسبة المئوية خلال نوفمبر وديسمبر	2.36	0.144
الفرق	5.50	0.148

جدول (55)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%
المادة العضوية	2.83	0.83	3.43	3.69	4.52	9.27	6.45		2.62	2.45	2.34	2.38
ثالث أكسيد الكبريت المسجل في التحليلات	0.48	0.51	0.42	0.51	0.51	0.86	0.60		0.37	0.33	0.47	0.25
الكبريت الكلي (= So3x)0.40	0.19	0.20	0.17	0.20	0.20	0.34	0.24	لم تُجر أية تحليلات	0.15	0.13	0.19	0.10
الكبريت العضوي = (المادة العضوية × 0.026)	0.07	0.10	0.09	0.10	0.12	0.24	0.17		0.07	0.06	0.06	0.06
الفرق = الكبريت غير العضوي	0.12	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07		0.08	0.07	0.13	0.04

جدول (56) التركيب الكيميائي للمادة المعلقة في النيل عند القاهرة في شهور السنة المختلفة كما حُسبت بناءً على تحليلات مستر موصيري

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%
السليكا	51.40	48.60	48.50	48.60	50.80	46.95	51.45		50.33	50.50	51.05	49.70
الحديد الكلي معبراً عنه بأوكسيد الحديد	9.04	11.28	11.08	10.35	10.40	9.51	9.51		9.78	10.60	9.42	10.76
الألومينا	18.62	16.96	17.62	19.14	17.13	15.34	15.34	لم تُجر أية تحليلات	18.72	18.68	19.76	18.54
ثاني أكسيد التيتانيوم	2.22	2.00	1.88	1.88	2.00	1.78	1.87		2.11	2.30	2.27	2.20

المنجنيز الكلي معبرا عنه بثاني اكسيد المنجنيز	0.22	0.26	0.29	0.28	0.26	0.18	0.19		0.23	0.22	0.24	0.25
الجير	4.18	4.75	4.25	3.66	3.25	5.31	4.12		4.17	4.12	4.18	4.25
مغنيسيا	3.30	3.07	3.18	3.24	3.24	2.72	2.68		3.52	3.34	3.38	3.43
بوتاس	1.02	1.02	0.92	098	0.85	0.82	0.80		1.05	1.06	1.12	1.15
صودا	0.92	0.63	0.60	0.55	0.82	0.82	0.78		1.03	0.98	0.81	1.06
الكبريت غير العضوي	0.12	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07		0.08	0.07	0.13	0.04
ثاني أكسيد الكربون	1.09	1.06	0.90	0.80	0.90	2.34	1.28		1.01	1.00	1.09	0.90
انهيدريت الفوسفور	0.26	0.25	0.23	0.35	0.21	0.22	0.22		0.24	0.23	0.24	0.26
المادة العضوية	2.83	3.83	3.43	3.69	4.52	9.27	6.45		2.62	2.45	2.34	2.38
الماء المركب	0.94	7.27	8.02	7.61	5.48	5.61	5.37		6.10	5.15	5.56	6.78
	102.16	101.08	100.98	101.29	99.94	100.31	100.13		100.99	101.70	101.59	101.70
تحتوي المادة العضوية على:												
النتروجين	0.22	0.14	0.28	0.35	n.d.	n.d.	n.d.		0.13	0.12	0.15	0.13
الكربون	1.64	2.23	1.99	2.14	2.62	5.38	3.78		1.52	1.42	1.36	1.38
الكبريت	0.07	0.10	0.09	0.10	0.12	0.24	0.17		0.07	0.06	0.06	0.06

جدول (57) التركيب الكيميائي المتوسط للمادة المعلقة المحمولة في النيل قبالة القاهرة، كما تم حسابها من تحليلات مستر موصيري خلال شهور الفيضان للفترة 1924- 1927.

	النسبة المئوية
السليكا	50.44
الحديد، معبراً عنه بأكسيد الحديد	9.91
الألومينا	19.01
ثاني أكسيد التيتانيوم	2.21
المنجنيز، معبراً عنه بثاني اكسيد المنجنيز	0.23
الجير	4.16
المغنسيا	3.43
البوتاس	1.07

الصودا	0.95
الكبريت غير العضوى	0.09
ثاني أكسيد الكربون	1.03
انهيدريت الفوسفور	0.24
المادة العضوية	2.46
الماء المركب	6.00
	101.25
تتضمن المادة العضوية: النيتروجين	 0.13
الكربون	1.44
الكبريت	0.06

جدول (58) متوسط التركيب الكيميائي لجزيئات الرمل والغرين والصلصال في المادة العالقة بالنيل عند القاهرة، حسبما كشفت عنها تحليلات أجراها مستر موصيري في 1925 – 1927.

	الرمل الناعم (جزيئات تزيد عن 0.02مم)	الغرين (جزيئات تتراوح ما بين 0.02مم و 0.002 مم)	الصلصال (جزيئات اقل من 0.002 مم)	المادة المعلقة ككل (من تحليلات كبيرة مماثلة)
	%	%	%	%
السليكا	57.29	53.31	47.36	50.09
الحديد، معبراً عنه بأكسيد الحديد	10.39	10.78	12.11	10.30
الألومينا	12.34	14.83	21.04	18.10
ثاني أكسيد التيتانيوم	3.79	3.02	1.46	2.02
المنجنيز، معبراً عنه بثاني اكسيد المنجنيز	0.20	0.26	0.20	0.23
الجير	6.80	4.64	2.39	4.16
المغنسيا	3.63	3.27	3.04	3.27
البوتاس	1.04	1.21	0.73	1.01
الصودا	1.95	1.43	0.35	0.88
الكبريت غير العضوى	0.06	0.02	0.01	0.06
ثاني أكسيد الكربون	1.95	1.03	0.14	1.08
أنهيدريت الفوسفور	0.26	0.26	0.30	0.24
المادة العضوية	2.95	3.84	5.60	3.40
الماء المركب		3.15	6.08	6.81
	102.65	101.05	100.81	101.65

تتضمن المادة العضوية:				
الكربون	n.d	n.d	n.d	1.97
النيتروجين	n.d	0.24	0.35	0.16
الكبريت	n.d	0.09	0.15	0.09

جدول (59)

	الكاولين
	%
من نسبة الماء المركب في المادة المعلقة ككل	28.8
من نسب الالومينا في الجزيئات المختلفة	21.6
من نسب الماء المركب في الجزيئات المختلفة	23.1

جدول (60)

	النسبة المئوية للمادة المعلقة
الكوارتز	18
فلسبار	20
هورنبلند	12
أوجيت	3
بيوتيت	6
ماجنيتيت	1
بيريت	0.2
إلمنيت	3
الإسفين	1.5
اباتيت	0.5
كالسيت	2.3
كاولين	24.5
أوكسيد الحديد المائي	5.6
المادة العضوية	2.5
	100.0

جدول (61) نسب القواعد القابلة للتبادل في المادة العالقة للنيل، معبرا عنها بمكافئات الجرام لكل 100 جم من المادة المعلقة المجففة بالهواء.

	كالسيوم	مغنسيوم	بوتاسيوم	صوديوم	الإجمالي
الجيزة اغسطس 1926	38.0	13.6	1.0	0.3	52.9
أسوان 1929	36.4	13.2	1.0	0.3	50.9
المتوسط الحسابي	37.7	13.4	1.0	0.3	51.9

جدول (62) متوسط النسب المئوية للقواعد القابلة للتبادل (كالسيوم ومغنيسيوم وبوتاسيوم وصوديوم) وإجمالها، والموجودة في المادة المعلقة للنيل

	الكالسيوم	الماغنسيوم	البوتاسيوم	الصوديوم	إجمالها
	%	%	%	%	%
القواعد القابلة للتبادل (بالنسبة المئوية من المادة المعلقة)	0.755	0.163	0.039	0.007	0.964
الإجمالي (بالنسبة المئوية من المادة المعلقة)	2.39	2.07	0.89	0.70	6.59
النسبة: القواعد القابلة للتبادل / الإجمالي	0.258	0.079	0.044	0.010	0.146

جدول (63) متوسط سمك طمي النيل في أماكن مختلفة بمصر

	أمتار
المتوسط من 22 بئر استكشافي بالدلتا شمال خط عرض 31	11.2
المتوسط من 39 بئر استكشافي بالدلتا جنوب خط عرض 31	8.5
المتوسط التقريبي الناتج عن الدلتا ككل	9.8
المتوسط من 12 بئر استكشافي بوادي النيل بين القاهرة والمنيا	9.7
المتوسط من 10 آبار استكشافية بوادي النيل بين المنيا وقنا	8.5
المتوسط من 12 بئر استكشافي بوادي النيل بين قنا وأسوان	6.7
المتوسط التقريبي الناتج عن وادي النيل ما بين اسوان والقاهرة	8.3

جدول (64) التركيب الكيميائي المقارن للمادة المعلقة بالنيل. التربة المصرية المزروعة والطبقات العميقة من طمي النيل، بناء علي تحليلات جزئية أُجريت بطريقة الهضم في حامض كلوريد مائي.

	المادة المعلقة في النهر وقت الفيضان	التربة المزروعة في أماكن متعددة بمصر	التراب البني الاسود (طمي النيل) من حوالي 16 مترا تحت السطح، بقناطر الدلتا
	بيرنس[30] 1888- 1889	بيرنس[29] 1905	برازبر[28] 1850
	المتوسط الحسابي لستة تحليلات	المتوسط الحسابي لسبعة تحليلات	المتوسط الحسابي لتحليلين
	%	%	%
السليكا والمادة غير قابلة للذوبان	57.54	60.12	55.33
أكسيد الحديد والأومينا	25.56	22.14	29.26
أكسيد المنجنيز	0.25	0.26	---
الجير	3.07	4.19	5.81
المغنسيا	2.68	2.70	0.60
البوتاس	0.53	0.62	0.72
الصودا	0.57	0.64	0.51
أنهيدريت الكربون	0.73	1.17	2.16
أنهيدريت الكبريت	---	---	0.22
أنهيدريت الفوسفور	0.25	0.25	بقايا
الكلورين	---	0.06	بقايا
المادة العضوية وغيرها (الفاقد	8.82	7.55	5.39

([28]) See Horner (L.), " The Alluvial land of Egypt " , phil. Trans.R.S.1855, P.127.

([29]) see MACKENZIE ,(W.C.) , " The Nile in Relation to Egyptian Agriculture " , Yearbook of Khedivial Agricultural Society for 1905 , p.239.

([30]) ibid..

			عند الاشتعال)
100.00	100.00	100.00	

جدول (65) النسب المقارَنة للقواعد القابلة للتبادل في المادة العالقة بالنيل وفي التربة المصرية النمطية (بمكافئات الملليجرام لكل 100 جرام من المادة المجففة بالهواء).

القاعدة القابلة للتبادل	المادة المعلقة في النيل		التربة المصرية النمطية	
	القاهرة - أغسطس 1926	أسوان 1929	أرض الحياض الخصبة	الأرض الخصبة المروية بالري الدائم
كالسيوم	38.0	33.4	42.1	27.1
مغنسيوم	13.6	13.2	15.4	15.6
بوتاسيوم	1.0	1.0	0.5	0.0
صوديوم	0.3	0.3	0.5	0.0

جدول (66) الخصائص الكيميائية للتربة المصرية الخصبة وغير الخصبة (من تقديرات أجراها القسم الكيميائي بوزارة الزراعة).

الأرقام المذكورة للعناصر المتعددة (ما عدا في حالة النتروجين العضوي والكربون العضوي) تمثل مكافئات الجرام لكل 100 جم من التربة المجففة بالهواء.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	ارض الحياض	الأرض الخصبة المروية بالري الدائم	" التربة القلوية السوداء"	الأرض الاكثر خصوبة عند أمتار قليلة منC	التربة الجبسية	ارض أكثر خصوبة عند أمتار قليلة من E	تربة جبسية تعلو صلصال الصوديوم	صلصال الصوديوم تحت G
العمق من السطح بالسنتميترات	100-0	105-0	105-0	110-0	100-0	100-0	30-0	50-30
العناصر القابلة للذوبان في الماء:								

كالسيوم	0.9	0.7	0.0	0.5	5.6	3.1	76.8	0.1
مغنسيوم	بقايا	0.1	0.0	بقايا	3.6	1.2	11.0	0.4
صوديوم وبوتاسيوم [31]	2.0	2.9	9.6	3.0	28.4	15.3	4.2	09.0
ثالث اكسيد الكربون	0.0	0.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
HCO_3	2.1	3.3	7.2	2.7	1.4	2.7	1.2	25.0
كلور	0.3	0.3	0.0	0.5	23.7	2.0	28.2	19.2
سليكا	0.5	بقايا	0.9	0.3	12.5	14.9	99.6	4.4
القواعد القابلة للتبادل:								
كالسيوم	42.1	27.1	3.7	19.1	20.1	22.7	18.7	5.6
مغنسيوم	15.4	15.6	3.8	15.8	16.2	14.4	2.2	9.7
صوديوم وبوتاسيوم	0.5	0.0	32.9	3.6	6.4	5.6	N.D	27.4
بقايا احماض قابلة للذوبان (بالإضافة إلى المذكورة بالأعلى)								
الكالسيوم الموجود في صورة كربونات [32]	30.0	43.2	83.4	46.4	28.6	30.4	79.7	122.4
كالسيوم من السليكات	13.9	16.3	12.9	18.3	24.7	22.6	6.3	4.6
مغنسيوم من السليكات	106.0	105.6	159.6	120.5	107.2	110.6	175.5	125.6
مواد عضوية:			%	%	%	%		

([31]) تم حسابها بخصم مجموع مكافئات الكالسيوم والمغنسيوم من مجموع مكافئات الحمض.

([32]) كل الكربونات غير القابلة للذوبان تم التعبير عنها بكربونات الكالسيوم.

نيتروجين عضوي	---	---	0.031	0.055	0.035	0.032	---	---
كربون عضوى	--	---	0.304	0.605	0.480	0.461	---	---

جدول (67) كميات المياه والمادة العالقة التي تأخذها الترع والمضخات من النهر للري في مصر العليا والسفلى على الترتيب، في الاعوام 1930،1929، 1931.

السنة	الماء بالكيلومتر المكعب			حجم المادة العالقة بالمليون طن		
	الماء لري الحياض في مصر العليا	الماء للري الدائم في مصر العليا	الماء للري في مصر السفلى	في المياه المأخوذة لري الحياض في مصر العليا	في المياه المأخوذة للري الدائم في مصر العليا	في المياه المأخوذة للري في مصر السفلى
1929	6.88	9.57	22.08	9.42	6.57	11.67
1930	6.45	5.85	22.17	8.23	4.96	9.12
1931	7.50	8.62	20.38	14.31	6.32	10.54
المتوسط الحسابي	6.94	8.01	21.54	10.65	5.95	10.44

جدول (68) كميات طمي النيل المستخرج من الترع والمصارف في التطهير السنوي 1929 – 1931

السنة	من الترع والمصارف في أراضي الحياض بمصر العليا	من الترع والمصارف في أراضي الري الدائم بمصر العليا	من الترع والمصارف بمصر السفلى
	مليون متر مكعب	مليون متر مكعب	مليون متر مكعب
1929	1.55	2.38	7.19
1930	1.77	2.86	8.94
1931	1.38	2.97	8.75
المتوسط الحسابي	1.57	5.74	8.29

جدول (69) متوسطات كميات المادة العالقة الناتجة عن عمليات تطهير الترع والمصارف والتي تُنشر سنويا على الأراضي

على أراضي الحياض بصعيد مصر	0.00 مليون طن
على أراضي الرى الدائم بصعيد مصر	0.16 مليون طن
على أراضي مصر السفلى	1.00 مليون طن

جدول (70) متوسط كميات المادة المعلقة التي تتراكم سنويا على أراضي مصر الغرينية 1929 – 1931

	أراضي ري الحياض بصعيد مصر	أراضي الري الدائم بصعيد مصر	أراضي مصر السفلى (كلها مروية بالري الدائم)
	مليون طن	مليون طن	مليون طن
المادة المعلقة التي تأخذها سنويا الترع والمضخات للري	10.56	5.95	10.44
المادة المعلقة المترسبة في الترع والمصارف	1.88	3.29	9.95
المادة المعلقة الموجودة على الاراضي المزروعة	8.77	2.66	0.49
الطمي الاضافي المنتشر على الأراضي المزروعة الناتج عن التطهير السنوي للترع والمصارف	0.00	0.16	1.00
اجمالي المادة المعلقة المتراكمة على الأراضي	8.77	2.82	1.49

جدول (71) متوسط المساحات المتزرعة 1929- 1931

	ألف فدان	مليون متر مربع
أراضي الحياض بصعيد مصر	1128	4738
الأراضي المروية بالري الدائم بالصعيد	1192	5006

الأراضي المروية بمصر السفلى	3230	13566

جدول (72) السمك التقريبي بالمليمترات الذي يُضاف سنويا لإرساب طمي النيل حاليا

بالمليمتر

المقدار المضاف لأراضي الحياض في مصر العليا	1.03 = 4.738/4.78
المقدار المضاف لأراضي الري الدائم في مصر العليا	0.31 =5.006 /1.56
المقدار المضاف لأراضي الري الدائم في مصر السفلى	.0.6 =13.566 / 0.83

جدول (73) المساحات والقدرة الاستيعابية للمياه في منخفض الفيوم عند مستويات كنتور مختلفة

مستوى الكنتور بالأمتار فوق أو تحت سطح البحر	المساحة بالكم المربع	القدرة الاستيعابية بالكيلو متر المكعب
30+	2511	76.0
20+	2103	52.9
10+	1292	36.5
0	943	26.3
5-	805	20.9
10-	689	17.1
15-	613	14.0
20-	553	10.9
25-	499	8.2
30-	449	5.9
35-	375	3.8
40-	303	2.1
45-	214	0.8
53-	0	0.0

جدول (74)

كيلو متر مكعب من المياه داخلة إلى البحيرة سنويا	0	0.5	1.0	1.5
السنوات المطلوبة لكي ينخفض منسوب البحيرة من 20 – 2 م	12	16	22	52
المعدل المتوسط للانخفاض خلال الفترة الزمنية بالأمتار لكل سنة	1.8	1.4	1.0	0.4

جدول (75) متوسط المعدل الشهري لسقوط الأمطار بالمليمتر، والمسجل عند محطة الرصد الجوي في شكشوك على الحافة الجنوبية لبركة قارون للسنوات 1928-1935 كاملة

يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
1.5	2.1	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.8	7.9

جدول (76) إجمالي مياه الري الداخلة إلى الفيوم 1928 - 1935 بالمليون متر مكعب

	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	متوسط الثماني سنوات
يناير	25	29	7	23	13	0	17	20	17
فبراير	166	162	157	145	166	161	177	186	165
مارس	136	144	149	135	149	153	169	182	152
ابريل	129	142	151	131	128	134	155	170	143
مايو	131	134	138	117	113	125	157	164	135
يونيو	142	143	140	100	116	133	149	168	136
يوليو	188	197	162	127	127	138	187	215	168
اغسطس	274	275	268	245	277	237	307	271	269
سبتمبر	221	228	227	224	252	256	239	214	232
اكتوبر	194	197	197	194	214	211	218	205	204
نوفمبر	174	169	161	175	202	212	202	183	185
ديسمبر	131	132	137	130	135	159	159	145	140
في السنة	1911	1952	1849	1746	1892	1918	2131	2123	1946

جدول (77) إجمالي تصرف المياه الداخلة إلى بركة قارون 1928- 1935 بالمليون متر مكعب.

	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	المتوسط
يناير	12.8	8.8	15.6	15.0	12.5	13.1	11.7	16.6	13.3
فبراير	36.4	34.7	31.6	32.8	25.4	24.4	32.9	33.3	31.4
مارس	25.4	24.0	29.3	22.1	20.3	20.0	36.8	39.0	27.1
ابريل	16.6	21.5	24.4	19.4	14.4	19.0	25.1	34.7	21.9
مايو	14.3	17.1	22.9	15.2	11.1	12.2	26.3	28.5	18.4
يونيو	14.2	17.4	17.4	6.5	7.8	10.0	15.4	18.1	13.3
يوليو	13.8	18.3	11.3	4.8	5.5	6.2	14.4	21.9	12.0
اغسطس	38.8	36.8	30.5	21.3	26.6	17.2	41.4	40.6	31.7
سبتمبر	47.0	45.5	49.6	46.2	52.3	54.1	53.3	41.2	48.6
اكتوبر	41.5	45.7	45.1	35.9	44.1	49.6	50.7	47.0	44.9
نوفمبر	49.2	47.3	37.2	49.7	62.2	64.5	72.6	51.1	54.2
ديسمبر	46.6	55.1	39.9	40.2	39.7	52.4	62.3	49.9	48.3
في السنة	356.6	372.2	354.8	309.1	321.9	342.7	442.9	421.9	365.2

جدول (78) مناسيب بركة قارون (1928 – 1935) بالمتر دون مستوى سطح البحر

(كلها تم تخفيضها لتاريخ قراءات مقياس شكشوك الحالي)

السنة	أقصى منسوب	أدنى منسوب	المتوسط	مدى التقلب خلال السنة	السنة	أقصى منسوب	أدنى منسوب	المتوسط	مدى التقلب خلال السنة
1885	40.38				1911	43.89	44.61	44.25	0.72
1886	40.49				1912	43.89	44.83	44.36	0.49
1887	40.87				1913	44.10	45.12	44.61	1.02
1888	41.22				1914	44.59	45.75	45.17	1.16
1889	41.66				1915	44.83	45.69	45.26	0.86
1890	42.42	43.65	43.03	1.23	1916	45.08	45.93	45.50	0.85
1891	43.24	44.41	43.82	1.17	1917	45.00	45.57	45.28	0.57
1892	44.76	44.89	44.32	1.13	1918	44.63	45.34	45.89	0.71
1893	44.23	45.28	44.76	1.05	1919	44.49	45.22	45.86	0.73
1894	44.32	45.31	44.82	0.99	1920	44.28	45.97	45.62	0.69
1895	44.63	45.41	45.02	0.78	1921	44.63	45.36	45.00	0.73
1896	44.63	45.47	45.05	0.84	1922	44.84	45.65	45.25	0.81
1897	44.71	45.45	45.08	0.74	1923	45.10	45.81	44.46	0.71
1898	44.79	45.68	45.24	0.89	1924	45.11	45.84	44.48	0.73
1899	44.74	45.58	45.16	0.84	1925	44.75	45.44	45.10	0.69

0.60	44.99	45.29	44.69	1926	1.06	45.09	45.62	44.56	1900
0.86	44.95	45.40	44.54	1927	1.09	44.90	45.45	44.36	1901
0.77	45.10	45.47	44.70	1928	1.04	45.17	45.69	44.65	1902
0.63	45.23	45.55	44.92	1929	0.71	45.14	45.49	44.78	1903
0.67	45.15	45.52	45.36	1930	0.69	44.88	45.23	44.54	1904
0.88	45.37	45.86	45.47	1931	0.85	44.62	45.05	44.20	1905
0.90	45.77	45.26	45.18	1932	0.77	44.38	44.77	44.00	1905
0.85	45.79	45.30	44.72	1933	0.73	44.30	44.66	43.93	1907
0.67	45.42	45.78	45.18	1934	0.72	44.24	44.60	43.88	1908
0.57	45.02	45.29	44.72	1935	0.73	44.19	44.55	43.83	1909
					0.71	44.28	44.63	43.92	1910

جدول (79) متوسط مناسيب بركة قارون 1928 -1935، بالأمتار تحت سطح البحر.

متوسط الثماني سنوات	1935	1934	1933	1932	1931	1930	1929	1928	
45.15	44.97	45.37	45.56	45.44	45.05	44.97	45.03	44.83	يناير
45.12	44.93	45.33	45.52	45.41	45.00	44.95	45.00	44.80	فبراير
45.04	44.83	45.19	45.48	45.37	44.93	44.86	44.93	44.71	مارس
45.09	44.82	15.23	45.53	45.46	45.02	44.89	44. 98	44.76	ابريل
45.18	44.84	45.30	45.63	45.59	45.12	44.95	45.08	44.91	مايو
45.35	45.00	45.44	45.81	45.80	45.31	45.10	45.23	45.10	يونيو
15.56	45.18	45.64	46.04	46.04	45.54	45.31	45.43	45.31	يوليو
45.72	45.28	45.77	46.25	46.24	45.75	45.48	45.54	44.45	اغسطس
45.71	45.28	45.69	46.24	46.22	45.77	45.48	45.54	45.44	سبتمبر
45.64	45.24	45.61	46.07	46.12	45.76	45.40	45.49	45.42	اكتوبر
45.49	45.11	45.38	45.82	45.89	45.68	45.32	45.38	45.33	نوفمبر
45.24	44.82	45.08	45.48	45.65	45.50	44.14	45.12	45.11	ديسمبر
45.36	45.02	45.42	45.79	45.77	45.37	45.15	45.23	45.10	السنة

جدول (80) مساحات وأحجام بركة قارون عند مناسيب مختلفة

الحجم بالمليون متر مكعب	المساحة بالكيلومتر المربع	المنسوب بالمتر تحت سطح البحر	الحجم بالمليون متر مكعب	المساحة بالكيلومتر المربع	المنسوب بالمتر تحت سطح البحر
678	199.9	45.6	1028	237.7	44.0
658	197.5	45.7	1004	235.4	44.1
638	195.0	45.8	981	233.1	44.2
619	192.6	45.9	958	230.7	44.3
600	190.2	46.0	935	228.4	44.4
581	187.8	46.1	912	226.1	44.5
582	185.4	46.2	890	223.8	44.6
544	183.0	46.3	868	221.5	44.7
526	180.6	46.4	846	219.2	44.8
508	178.2	46.5	824	216.8	44.9
490	175.7	46.6	802	214.4	45.0

45.1	212.0	781	46.7	173.3	473
45.2	209.6	760	46.8	170.9	456
45.3	207.1	739	46.9	168.5	439
45.4	204.7	719	47.0	166.0	422
45.5	202.3	698			

جدول (81) درجات حرارة المياه التي سجلتها إدارة خفر السواحل

(متوسط القراءات الست التي أُخذت من ستة أماكن مختلفة في البحيرة على فترات ربع سنوية تقريبا. لم تسجل الأوقات التي أُخذت عندها العينات من البحيرة خلال النهار)

السنة	يناير	ابريل	يوليو	أكتوبر	المتوسط الحسابي للقراءات ربع السنوية لكل سنة
	درجة مئوية	درجة مئوية	درجة مئوية	درجة مئوية	درجة مئوية
1927	--	22.7	29.5	24.8	---
1928	17.2	24.1	28.3	23.2	23.2
1929	13.6	16.1	25.4	22.6	19.4
1930	12.1	27.4	26.3	26.3	23.0
1931	17.0	23.0	33.5	26.1	24.9
1932	16.6	20.2	33.4	29.0	24.8
1933	18.5	18.6	30.6	30.6	24.6
1934	19.1	21.6	28.9	22.0	22.9
1935	14.2	20.9	25.6	22.3	20.8
المتوسط الحسابي	16.0	21.6	29.1	25.2	23.0

جدول (82) درجات حرارة المياه والهواء التي سجلها دكتور أزاديان ومستر هج

التاريخ	عدد أماكن العينة في البحيرة	المتوسط الحسابي لأوقات التسجيل	المتوسط لدرجات حرارة المياه (درجة مئوية)		متوسط العمق بالمتر	المتوسط الحسابي لدرجات حرارة الهواء	ملاحظات
			عند السطح	بالقرب من قاع البحيرة			
6 ديسمبر 1928	11	2.15 بعد الظهر	----	17.4	3.9	16.5	هادئة في بادئ الأمر ثم هب نسيم شمالي غربي
7 ديسمبر	8	11 قبل الظهر	----	15.9	2.0	14.7	نسيم قوي شمالي

1928							غربي
17 يناير 1929	8	2.25 بعد الظهر	15.0	14.4	5.1	13.6	هادئة
18 يناير 1929	5	11.45 قبل الظهر	12.5	13.3	2.2	12.1	---
13 مارس 1929	8	11.50 قبل الظهر	18.0	16.7	4.5	22.6	رياح شديدة وعاصفة
14 مارس 1929	5	9.40 قبل الظهر	17.5	16.8	2.5	15.7	هادئة
17 سبتمبر 1930	18	11.45 قبل الظهر	27.0	26.3	3.4	30.3	نسيم خفيف شمالي غربي

جدول (83) درجات حرارة الماء كما سجلها مستر ويمبني ومستر تيترنجستون

التاريخ (1931)	**وقت القياس أثناء النهار**	**درجة حرارة المياه (مئوية)**	**ملاحظات**
15 فبراير	9.45 قبل الظهر	12.7	البحيرة هادئة. كميات من الطحالب على السطح
1 مارس	8.35 قبل الظهر	16.5	رياح خفيفة شمالية غربية
15 مارس	9.4 قبل الظهر	20.5	هادئة
1 ابريل	10.5 قبل الظهر	18.8	هادئة وصافية تقريبا. قطع من الزَّبد
1 ابريل	9.20 قبل الظهر	18.6	رياح معتدلة و البحيرة بها أمواج
3 مايو	9.19 قبل الظهر	19.8	رياح معتدلة و البحيرة بها أمواج تقريباء
15 مايو	9.20 قبل الظهر	21.1	رياح شمالية خفيفة جداء والبحيرة متموّجة
28 مايو	9.29 قبل الظهر	23.8	رياح شمالية شرقية خفيفة والبحيرة متموجة
15 يونيو	9.26 قبل الظهر	24.4	رياح خفيفة إلى معتدلة والبحيرة متموّجة إلي هادئة
30 يونيو	8.43 قبل الظهر	25.0	رياح خفيفة شمالية غربية
16 يوليو	10.32 قبل الظهر	25.5	رياح قوية شمالية شرقية
8 اغسطس	9.37 قبل الظهر	25.8	رياح خفيفة شمالية والبحيرة متموجة
16 اغسطس	9.22 قبل الظهر	26.5	رياح خفيفة جداء شمالية شرقية
3 سبتمبر	1.5 بعد الظهر	25.5	رياح خفيفة جداء شمالية شرقية
17 سبتمبر	9.29 قبل الظهر	25.6	رياح خفيفة شمالية إلى

			شمالية غربية، البحيرة متموجة
5 اكتوبر	9.9 قبل الظهر	21.9	رياح خفيفة شمالية شرقية والبحيرة متموجة
17 اكتوبر	9.35 قبل الظهر	19.9	رياح معتدلة شمالية شرقية والبحيرة شديدة الاضطراب
1 نوفمبر	9.27 قبل الظهر	20.8	رياح معتدلة شمالية شرقية و البحيرة مضطربة
17 نوفمبر	9.45 قبل الظهر	17.6	رياح معتدلة شمالية شرقية والبحيرة شديدة الاضطراب

جدول (84) مقارنة بين متوسطات كل درجات حرارة البحيرة المسجلة في الشهور المختلفة للسنوات 1928-1935 ومتوسط درجات حرارة الهواء لنفس الشهور، حسبما سجلتها محطة قياس الأرصاد الجوية في شكشوك على الساحل الشمالي للبحيرة

الشهر	السنوات	متوسط درجات حرارة البحيرة التي تم قياسها(م)	متوسط درجة حرارة الهواء عند شكشوك(م)	الفرق بين حرارة البحيرة والهواء (م)
يناير	1935-1928	15.6	12.2	3.4+
فبراير	1931	12.7	12.0	+0.7
مارس	1931-1929	17.8	16.3	+1.5
إبريل	1935-1929	20.9	20.7	+0.2
مايو	1931	21.6	24.5	-2.9
يونيو	1931	24.8	27.4	-2.6
يوليو	1935-1928	28.6	28.9	-0.3
أغسطس	1931	26.1	29.9	-3.8
سبتمبر	1931-1930	26.1	27.2	-1.1
أكتوبر	1935-1928	24.4	23.8	0.6+
نوفمبر	1931	19.4	18.3	1.1+
ديسمبر	1928	16.8	12.5	4.3+
النطاق السنوي		15.9	17.9	

جدول (85)

التاريخ	نقطة أخذ العينة في البحيرة	العمق حتى القاع بالأمتار	جرام لكل لتر					
			إجمالي المواد الصلبة			كلوريد الصوديوم [33]		
			السطح	القاع	لمتوسط الحسابي	السطح	القاع	المتوسط الحسابي
10 فبراير 1906	ما بين جزيرة القرن والشاطئ الشمالي	7.5	11.12	11.48	11.30	7.62	7.90	7.76
10 فبراير 1906	مكان آخر بين جزيرة القرن والشاطئ الشمالي	7	11.02	11.52	11.27	2.84	7.96	7.90
10 فبراير 1906	حوالي 1 كم شمال غرب جزيرة القرن	5	10.28	11.52	10.90	7.10	7.96	7.53
10 فبراير 1906	بالقرب من لسان أرضي في البحيرة يقع علي حوالي 3 كم شرق الشمال الشرقي من جزيرة القرن	4.5	9.72	10.70	10.21	6.53	7.24	6.88
10 فبراير 1906	حوالي 6 كم شرق الشمال الشرقي من جزيرة القرن	4	11.12	11.06	11.09	7.64	7.64	7.64

جدول (86) أقصي درجة للملوحة وأدنى درجة والمتوسط الناتج عن الـ 36 عينة

	جرام لكل لتر	
	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم
أقصى نسبة	12.16	7.98
أدنى نسبة	9.90	6.84
المتوسط الحسابي للـ36 عينة	11.17	7.46

[33] يحتوي على نسبة صغيرة من كلوريد البوتاسيوم. وما تم ذكره في التقرير ككلوريد صوديوم في هذه العينات وكل العينات التي أخذت لاحقا من مياه البحيرة حتى عام 1936 كان عبارة عن مكافئ كلوريد الصوديوم من الكلورين الموجود في العينات. في الواقع حوالي واحد ونصف بالمائة من إجمالي الكلورين كان ممكنا تحديده إلى البوتاسيوم، والـ 8.5 بالمائة الباقية كان ممكنا تحديده إلى الصوديوم.

جدول (87)

رقم العينة	المنطقة التي أخذت منها العينة	التاريخ	الجرامات لكل لتر	
			إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم
1	جنوب خشم ميزار بـ 1كم	30 اكتوبر 1918	19.5	13.8
2	جنوب شرق جزيرة القرن بـ 2كم	30 اكتوبر 1918	19.8	13.9
3	جنوب خشم الأصفر بـ1 كم	30 اكتوبر 1918	19.5	13.8
4	شمال خشم السن بـ 1 كم	28 نوفمبر 1918	17.9	12.6
5	شرق جزيرة القلية بـ 1 كم	28 نوفمبر 1918	16.1	11.4
6	جنوب نتيلة النمل بـ 2كم	28 نوفمبر 1918	14.9	11.5
المتوسط الحسابي			18.0	12.7

جدول (88) المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم المذاب في مياه بركة قارون 1919 -1933 (بالجرام لكل لتر)

السنة	يناير		ابريل		يوليو		أكتوبر		المتوسط الحسابي للسنة	
	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم	إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم
1919	16.2	11.2	17.0	12.0	20.2	13.9	20.1	14.0	18.4	12.8
1920	16.9	11.9	16.1	11.3	18.0	12.4	19.3	13.6	17.6	12.3
1921	18.1	12.9	18.0	12.8	17.9	12.8	17.9	12.8	22.8	13.4
1922	19.7	13.8	20.0	13.7	23.2	15.9	23.3	16.0	21.5	14.5
1923	22.1	15.2	---	---	---	--	---	----	---	----
1924	---	----	----	----	23.1	15.9	24.3	16.9	---	----
1925	19.3	13.3	20.8	14.5	23.3	16.4	---	17.3	21.1	15.4
1926	22.0	14.7	20.3	14.0	23.6	16.1	23.8	16.2	22.4	15.2
1927	21.2	14.4	20.8	14.1	23.0	16.3	24.2	17.3	22.3	15.3
1928	22.0	15.7	21.2	15.8	26.0	17.7	28.3	18.0	24.4	16.8
1929	24.1	16.4	23.9	16.8	24.5	18.1	26.1	20.1	24.6	17.8
1930	23.9	17.6	21.8	15.9	25.1	19.0	23.3	16.7	23.5	17.3
1931	26.0	18.9	23.4	17.0	29.8	21.4	30.3	22.8	27.4	20.0
1932	29.3	19.5	28.6	20.3	34.4	24.4	34.1	24.8	31.6	22.2
1933	25.5	17.7	---	------	------	----	-----	-----	----	-----

جدول (89) ملاحظات عن ملوحة مياه بركة قارون 1929 – 1930 (نقلًا عن أزاديان وهج)

تاريخ أخذ العينة	عدد العينات		جم لكل لتر	
			إجمالي مواد صلبة	كلوريد الصوديوم
7-6 ديسمبر 1928	36	متوسط ملوحة البحيرة	24.3	16.3
		متوسط الملوحة عند السطح	24.1	16.0
		متوسط الملوحة بالقرب من قاع البحيرة	24.5	16.6
		أقصى درجة ملوحة للعينة الواحدة	27.8	18.4
		أقل درجة ملوحة للعينة الواحدة	20.3	14.0
18-17 يناير 1929	25	متوسط ملوحة البحيرة	24.4	16.5
		متوسط الملوحة عند السطح	24.2	16.4
		متوسط الملوحة بالقرب من قاع البحيرة	24.7	16.6
		أقصى درجة ملوحة للعينة الواحدة	25.6	17.3
		أقل درجة ملوحة للعينة الواحدة	23.0	15.4
13 – 14 مارس 1929	25	متوسط ملوحة البحيرة	22.7	15.4
		متوسط الملوحة عند السطح	21.8	14.7
		متوسط الملوحة بالقرب من قاع البحيرة	23.5	15.9
		أقصى درجة ملوحة للعينة الواحدة	25.0	17.0
		أقل درجة ملوحة للعينة الواحدة	9.5	6.1
17 سبتمبر 1930	35	متوسط ملوحة البحيرة	29.1	19.8
		متوسط الملوحة عند السطح	28.7	19.5
		متوسط الملوحة بالقرب من قاع البحيرة	29.5	20.0
		أقصى درجة ملوحة للعينة الواحدة	31.5	21.3
		أقل درجة ملوحة للعينة الواحدة	19.5	13.4

جدول (90)

	الجرامات لكل لتر	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة
إجمالي المواد الصلبة المذابة (جففت عند درجة 98 مئوية تقريبا)	11.168	
كالسيوم	0.126	1.13
ماغنسيوم	0.324	2.90
حمض الكبريتيك	1.857	16.63
كلورين	4.543	40.67
حمض كربونيك	0.024	1.94[34]
حمض بيكربونيك	0.392	
مواد غير محددة (عن طريق الفرز الكيميائي)		36.73
		100.00

جدول (91)

	الجرامات لكل لتر	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة
إجمالي المواد الصلبة المذابة (جففت عند درجة 110 مئوية تقريبا)	25.377	
كالسيوم	0.359	1.41
ماغنسيوم	0.773	3.05
حمض الكبريتيك	4.836	19.06
كلورين	10.404	40.96
مواد غير محددة (عن طريق الفرز الكيميائي)		36.73
		100.00

جدول (92)

	الجرامات لكل لتر	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة
إجمالي المواد الصلبة المذابة (جففت عند درجة 120 مئوية تقريبا)	26.15	
كالسيوم	0.389	1.49
ماغنسيوم	0.828	3.17
بوتاسيوم	0.172	0.66
صوديوم	7.440	28.45
حمض الكبريتيك	5.286	20.21
كلورين	10.737	41.06
حمض كربونيك	0.008	0.47[35]

([34]) تتضمن كلاً من حمض الكربونيك للكربونات العادية وحمض الكربونيك لمكافئات البيكربونات الموجودة في المياه. البيكربونات الموجودة في المياه ستكون قد تحولت بالطبع إلى الكربونات العادية عند تجفيف البقايا الناتجة عن التبخر.

حمض بيكربونيك	.2330	
سليكا	0.020	0.08
الماء المتبلر في البقايا المجففة	0.840	3.21
مواد غير محددة (عن طريق الفرز الكيميائي)		36.73
		100.00

جدول (93) التركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في بركة قارون (1906 -1936)

	1906	1929-1928	1936	
	المتوسط لـ36 عينة جففت عند 98° م (لوكاس)	المتوسط لـ 121 عينة جففت عند 110° م (أزاديان و هج)	عينة واحدة جففت عند 120° م (ويليامسون)	
	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	مكافئات الجرام لكل 100 جم
كالسيوم	1.13	1.14	1.49	0.074
ماغنسيوم	2.90	3.05	3.14	0.261
بوتاسيوم	----	---	0.66	0.017
صوديوم	--	---	28.45	1.237
حامض الكبريتيك	16.63	19.06	20.21	0.421
كلور	40.67	40.96	41.06	1.158
حامض كربونيك	1.94	---	0.47	0.016
				الفرز 0.006
سليكا	----	----	0.08	
الماء المتبلر	---	----	3.21	
المادة العضوية وغيرها	--	---	1.20	
			100.00	

جدول (94) تركيب المادة الصلبة المذابة في بركة قارون 1936 (من تحليل أجراه دكتور ويليامسون)

	النسبة المئوية
كلوريد الصوديوم	66.5
كبريتات الماغنسيوم	15.7
كبريتات الصوديوم	7.2
كبريتات الكالسيوم	4.0
كلوريد البوتاسيوم	1.3
كربونات الكالسيوم	00.8

([35]) يتضمن كلاً من حامض الكربونيك ومكافئ حامض الكربونيك من حامض البيكربونيك الموجود في التحليل. وستكون البيكربونات الموجودة المذابة في الماء بالطبع قد تحولت إلى الكربونات العادية عند تجفيف البقايا

السليكا	0.1
الماء المتبلر	3.2
المادة العضوية وغيرها	1.2
	100.0

جدول (95)

إجمالي المواد الصلبة المذابة بعد تجفيفها عند 120 درجة م	2.439
كلوريد الصوديوم.	1.622
كبريتات الماغنسيوم.	0.383
كبريتات الصوديوم	0.176
كبريتات الكالسيوم	0.0
كلوريد البوتاسيوم	98
كربونات الكالسيوم	0.032
سيليكا	0.020

جدول (96) المكونات المقارنة للمادة الصلبة المذابة في بركة قارون والنيل ومياه المحيط

	بركة قارون	النيل عند القاهرة		المحيط
		خلال شهور الفيضان (أغسطس إلى نوفمبر)	خلال بقية شهور السنة	
	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية	النسبة المئوية
كلوريد الصوديوم	66.5	6.1	14.1	77.8
كلوريد البوتاسيوم	1.3	---	---	---
كلوريد الماغنسيوم	---	----	---	10.9
بروميد البوتاسيوم	---	---	----	0.2
كبريتات الصوديوم	7.2	-----	---	---
كبريتات البوتاسيوم	---	----	----	2.5
كبريتات الماغنسيوم	15.7	7.0	7.3	4.7
كبريتات الكالسيوم	4.0	---	---	3.6

	1	2	3	4
نيترات الكالسيوم	---	1.5	0.2	---
كربونات الصوديوم	---	13.8	17.6	---
كربونات البوتاسيوم	----	4.8	5.1	---
كربونات الماغنسيوم	---	12.4	10.8	----
كربونات الكالسيوم	0.8	21.8	22.5	0.3
فوسفات الكالسيوم	--	0.5	0.3	---
سليكات الكالسيوم	--	16.8	12.9	---
السليكا الحرة	0.1	9.4	5.8	----
أكسيد الحديديك والألومينا	--	0.4	0.3	----
مادة عضوية	1.2	1.0	0.9	---
ماء في البقايا الجافة الناتجة عن التبخر	3.2	4.5	2.2	---
	100.0	100.0	100.0	100.0

جدول(97) النسب المئوية من الكلورين وحامض الكبريتيك الموجودة في المادة الصلبة المذابة بمياه الري وبمياه الصرف في الفيوم، وفي المادة الصلبة المذابة ببركة قارون.

	النيل عند أسيوط. يناير إلى أبريل 1901	بحر يوسف عند مدينة الفيوم. يناير إلى ابريل 1901	مصرف البطسي. يناير الى ابريل		بركة قارون حاليا
			30 كم أعلى المجرى من المصب	5 كم أعلى المجرى من المصب	
إجمالي المواد الصلبة بالجزء في المليون	187	292	900	1790	ما يزيد على 28.000[36]
النسب المئوية للمواد الصلبة المذابة:					
الكلورين	8.8	18.0	30.5	31.1	41.1
حامض الكبريتيك	5.5	10.2	17.0	18.2	20.2

([36]) هذه النسبة من إجمالي المواد الصلبة المذابة في مياه البحيرة تختلف حسب منسوب البحيرة في الفصول المختلفة، وكذلك نخضع لزيادة تدريجية، بينما النسب المئوية للكلورين وحمض الكبريتيك الموجودة في المادة الصلبة المذابة تظل ثابتة من الناحية العملية.

جدول (98)

	النسبة المئوية
الكلوريدات (كلوريد الصوديوم في الاساس)	54 إلى 64
الكبريتات (من الماغنسيوم والصوديوم والكالسيوم)	26 إلى 28
مواد أخرى	8 إلى 20

جدول (99)

التاريخ: 1931	منسوب البحيرة بالمتر تحت سطح البحر	الكلورين بالجم لكل لتر	إجمالي المواد الصلبة المذابة بالجم لكل لتر	درجة حرارة المياه (مئوية)	الأكسجين في مياه البحيرة بالسنتيمتر المكعب لكل لتر	الأكسجين في مياه البحر بإجمالي الملوحة المماثلة، عند تشبعه في الهواء عند درجة حرارة مماثلة، بالسنتيمتر المكعب لكل لتر[37]
15 مايو	45.12	--	27.0 [38]	21.1	6.05	5.53
28 مايو	45.18	11.19	27.3	23.8	4.47	5.28
30 يونيو	45.42	12.25	29.9	25.0	4.62	5.09
16 أغسطس	45.75	14.10	34.4	26.5	3.33	4.82
3 سبتمبر	45.79	13.80	33.7	25.5	3.98	4.93
17 سبتمبر	45.77	13.35	23.5	25.6	3.93	4.96

جدول (100) تقدير إجمالي كميات المواد الصلبة وكلوريد الصوديوم المذابة الموجودة في بركة قارون 1906 – 1933

التاريخ	عدد العينات	جرامات لكل لتر		منسوب البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر	حجم البحيرة بالمليون متر مكعب	إجمالي الكميات في البحيرة بالمليون طن	
		إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم			إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم
10 فبراير 1906	10	11.0	7.5	44.31	955	10.5	7.2
22 فبراير الى 7 مارس	36	11.2	7.5	44.28	963	10.8	7.2
30 اكتوبر 1918 الى 28 نوفمبر	6	18.0	12.7	45.00	802	14.1	10.2
21-22 يناير 1919	6	16.2	11.2	44.60	890	14.4	10.0
30 ابريل	6	17.0	12.0	44.63	893	15.2	10.6
1 يوليو	6	20.2	13.9	44.94	815	16.5	11.3
1 اكتوبر	6	20.1	14.0	45.16	764	15.4	10.7
1 يناير 1920	6	16.9	11.9	44.54	903	15.3	10.8

(37) انخفض إلى صفر درجة مئوية و760 ملليمتر في كلا العمودين

(38) تم تقديره من الرقم الخاص بيوم 28 مايو مع السماح بحدوث فرق في منسوب البحيرة.

10.8	15.4	956	44.31	11.3	16.1	6	1 ابريل
10.8	15.7	870	44.68	12.4	18.0	6	1 يوليو
11.0	15.7	811	44.96	31.6	19.3	6	1 اكتوبر
11.3	15.8	875	44.67	12.9	18.1	6	1 يناير 1921
11.3	15.8	881	44.64	12.8	18.0	6	1 ابريل
9.2	14.3	748	45.02	12.8	17.9	6	1 يوليو
11.2	16.6	727	45.36	15.4	22.8	6	1 اكتوبر
11.4	16.3	826	44.89	13.8	19.7	6	1 يناير 1922
11.5	16.7	837	44.84	13.7	20.0	6	1 ابريل
11.6	17.0	733	45.33	15.9	23.2	6	1 يوليو
10.7	14.9	668	45.65	16.0	22.3	6	1 اكتوبر
11.6	16.8	760	45.20	15.2	22.1	6	1 يناير 1923
11.1	15.4	696	45.51	15.9	23.1	6	1 يوليو 1924
11.0	15.8	650	45.74	16.9	21.3	6	1 اكتوبر 1924
11.0	15.9	824	44.90	13.3	19.3	6	15 يناير 1925
12.3	17.6	848	44.79	14.5	20.8	6	2 مايو
12.6	17.9	770	45.15	16.4	23.3	7	10 يوليو
12.8	-----	741	45.29	17.3	---	6	1 اكتوبر
12.1	18.1	824	44.90	14.7	22.0	6	30 يناير 1926
12.2	17.6	868	44.70	14.0	20.3	6	ا ابريل
12.7	18.6	787	45.09	16.1	23.6	6	1 يوليو
12.7	18.4	773	45.16	16.2	23.8	6	2 اكتوبر
12.4	18.3	864	44.73	14.4	21.2	6	8 يناير 1927
12.5	18.4	886	44.62	14.1	20.8	6	8 ابريل
13.0	18.3	796	45.03	16.3	23.0	6	5 يوليو
13.2	18.5	764	45.19	17.3	24.2	6	10 اكتوبر
13.2	18.5	842	44.82	15.7	22.0	6	8 يناير 1928
13.3	17.9	842	44.82	15.8	21.2	6	20 ابريل
13.2	19.3	743	45.28	17.7	26.0	6	12 يوليو
12.8	20.2	713	45.43	18.0	28.3	6	8 اكتوبر
12.4	18.6	764	45.18	16.3	24.3	36	7-6 ديسمبر
13.0	19.2	796	45.03	16.4	24.1	25	15 يناير 1929
13.1	19.4	796	45.03	16.5	24.4	6	18-17 يناير
12.6	18.6	820	44.92	15.4	22.7	6	14-13 مارس
13.5	19.2	802	45.00	16.8	22.9	6	20 ابريل
12.8	18.1	706	45.46	18.1	24.5	6	21 يوليو
14.2	18.4	704	45.47	20.1	26.1	6	24 اكتوبر
14.3	19.4	810	45.96	17.6	23.9	6	17 يناير 1930
13.2	18.1	830	45.87	15.9	21.8	6	8 ابريل
14.0	18.4	735	45.32	19.0	25.1	6	17 يوليو
13.9	20.4	702	45.48	19.8	29.1	35	17 سبتمبر
11.9	16.6	711	45.44	16.7	23.3	6	1 اكتوبر
15.0	19.7	794	45.04	18.9	26.0	6	15 يناير 1931
13.7	18.9	806	44.89	17.0	23.4	6	5 ابريل
15.0	20.9	702	45.48	21.4	29.8	6	6 يوليو

21 اكتوبر	6	30.2	22.8	45.76	646	19.6	14.7
21 يناير 1932	6	29.3	19.5	45.44	711	20.8	13.9
5 ابريل	6	28.3	20.3	45.43	713	20.4	14.5
3 يوليو	6	34.4	24.4	45.94	611	21.0	14.9
14 اكتوبر	6	34.1	24.8	46.14	573	19.5	14.2
22 يناير1933	6	25.5	17.7	45.56	686	17.5	12.1

جدول (101) المعدلات المتوسطة للزيادة خلال فترة الـ 27 سنة بأكملها

	إجمالي المواد الصلبة المذابة في البحيرة بالمليون طن	إجمالي كلوريد الصوديوم في البحيرة بالمليون طن
1906	10.6	7.2
1933	20.5	14.4
الزيادة في 27 سنة	9.9	7.2
متوسط الزيادة في السنة	0.37	0.27

جدول (102) معدلات الزيادة خلال الـ 14 سنة الأولى من تلك الفترة – أي من 1906 إلي 1920

	إجمالي المواد الصلبة المذابة في البحيرة بالمليون طن	إجمالي كلوريد الصوديوم في البحيرة بالمليون طن
1906	10.6	7.2
1920	15.4	10.8
الزيادة في 14 سنة	4.8	3.6
متوسط الزيادة في السنة	0.34	0.26

جدول (103) معدلات الزيادة المتوسطة خلال الـ 13 سنة الأخيرة من تلك الفترة - أي من 1920 إلى 1930

	إجمالي المواد الصلبة المذابة في البحيرة بالمليون طن	إجمالي كلوريد الصوديوم في البحيرة بالمليون طن
1920	15.4	10.8
1933	20.5	14.4
الزيادة في 13 سنة	5.1	3.6
متوسط الزيادة في السنة	0.39	0.28

جدول (104) تقدير تقريبي لكميات المادة الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم المحمولة سنويا إلى بركة قارون عن طريق المصارف الداخلة إليها.

التاريخ الشهري والسنوي لأخذ العينة	عدد العينات	المكان (أنظر مواقع العينات؟)	متوسط العينات بالجرام لكل لتر		المتوسط لسنتين بالجرام لكل لتر		متوسط التصرف الشهري للمصارف 1928-1935 بالمليون متر مكعب	الكميات المحمولة إلى البحيرة بالألف طن	
			اجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم	اجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم		إجمالي المواد الصلبة	كلوريد الصوديوم
	مصرف الوادي								
يناير 1908	2	A	2.848	1.746	2.179	1.303	11.8	25.7	15.4
يناير 1936	4	B	1.510	.861					
فبراير 1906	1	C	1.190	.378	1.111	.454	15.2	16.9	6.9
فبراير 1932	1	B	1.032	.530					
مارس 1932	2	B	1.758	.935	---	---	12.5	22.0	11.7
ابريل 1932	4	B	1.626	.877	---	---	10.9	17.7	9.6
مايو 1907	1	A	.892	.511	1.226	.689	8.8	10.8	6.1
مايو 1932	4	B	1.560	.867					
يونيو 1907	1	C	1.004	.531	1.460	.814	6.3	9.2	5.1
يونيو 1932	3	B	1.915	1.097					
يوليو 1932	3	B	1.743	.990	--	---	6.1	10.6	6.0
اغسطس 1907	1	A	1.880	1.030	1.500	.803	17.8	26.7	14.3
اغسطس 1932	4	B	1.120	.576					
سبتمبر 1907	2	A	.690	.352	.750	.361	26.7	20.0	9.6
سبتمبر 1932	3	B	.810	.370					
اكتوبر 1907	2	A	.808	.404	.809	.387	23.9	19.3	9.2
اكتوبر 1932	3	B	.810	.370					
نوفمبر 1907	2	A	.608	.315	.710	.368	28.0	19.9	10.8
نوفمبر 1932	4	B	.812	.360					
ديسمبر 1907	2	A	1.536	.864	1.384	.715	24.6	34.0	17.6
ديسمبر	3	B	1.233	.567					

									1932
			مصرف البطسي والمصارف الصغيرة						
6.9	11.5	1.4	--	--	4.900	8.190	D	4	يناير 1936
8.2	17.1	16.3	--	--	.500	1.047	E	2	فبراير 1932
9.8	20.8	14.6	--	--	.702	1.424	E	4	مارس 1932
8.4	16.5	11.0	--	--	.763	1.502	E	3	ابريل 1932
6.6	14.2	9.7	--	--	.782	1.467	E	5	مايو 1932
5.2	9.6	7.0	.738	1.369	.657	1.180	F	1	يونيو 1907
					.820	1.558	E	3	يونيو 1932
5.1	10.1	6.0	--	---	.875	16.85	E	4	يوليو 1932
13.6	25.7	13.9	.977	1.848	1.222	2.174	F	2	اغسطس 1907
					.732	1.521	E	4	اغسطس 1932
15.2	28.1	21.9	.969	1.282	.808	1.349	F	2	سبتمبر 1907
					.585	1.225	E	4	سبتمبر 1932
13.4	26.9	20.9	.642	1.286	.637	1.252	F	1	اكتوبر 1907
					.610	1.320	E	4	اكتوبر 1932
15.0	30.1	26.3	.572	1.146	.710	1.313	F	3	نوفمبر 1907
					.435	.980	E	4	نوفمبر 1932
16.0	24.7	23.6	.678	1.162	.486	.969	F	2	ديسمبر 1907
					.670	1.357	E	4	ديسمبر 1932
245.7	470.8	الإجمالي السنوي الناتج عن كل المصارف							

جدول (105) ما الذي ستصل إليه مقادير الملوحة التقريبية في البحيرة، من إجمالي المواد الصلبة المذابة وكلوريد الصوديوم بالجرام لكل لتر على الترتيب، عند بداية الأعوام 1940 – 1950 – 1960 – 1970 عند مناسيب مختلفة لسطح البحيرة

منسوب البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر	إجمالي المواد الصلبة المذابة بالجرامات لكل لتر في:				كلوريد الصوديوم بالجرامات لكل لتر في:			
	1940	**1950**	**1960**	**1970**	**1940**	**1950**	**1960**	**1970**
44.0	22.6	26.4	30.2	34.0	15.9	18.6	21.3	24.1
44.5	25.5	29.8	34.0	38.3	17.9	21.0	24.1	27.2
45.0	28.9	33.8	38.7	43.6	20.4	23.9	27.4	30.9
45.5	33.2	38.8	44.4	50.0	23.5	27.5	31.5	35.5
46.0	28.7	45.2	51.7	58.2	27.3	32.0	36.7	41.3
46.5	45.7	53.4	61.0	68.7	32.3	37.8	43.3	48.8
47.0	55.0	64.2	73.4	82.7	38.8	45.5	52.1	58.8

جدول (106) القيم التقريبية لأعلى وأدنى ومتوسطات درجات ملوحة البحيرة

	إجمالي المواد الصلبة المذابة بالجرامات لكل لتر في:				كلوريد الصوديوم بالجرامات لكل لتر في:			
	1940	1950	1960	1970	1940	1950	1960	1970
أدنى درجة ملوحة (مارس)	27.6	32.5	37.2	41.9	149.7	23.0	26.4	29.8
أعلى درجة ملوحة (أغسطس)	34.0	39.8	45.5	51.2	24.0	28.1	32.3	36.4
المتوسط	30.8	36.2	41.4	46.6	21.8	25.6	29.4	33.1

جدول (107) حساب المتوسط الشهري لفقدان المياه من بركة قارون 1928 – 1935

الشهر	متوسط منسوب البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر	متوسط مساحة البحيرة بالكيلومتر المربع	التدفق من المصارف بالمليون متر مكعب	عمق التدفق بالمليمتر	الأمطار بالمليمتر	عمق التدفق والأمطار بالمليمتر	متوسط الانخفاض المسجل لمنسوب البحيرة بالمليمتر	عمق المياه المفقودة من البحيرة بالمليمتر
يناير	45.15	211	13.3	63	2	65	-4	61
فبراير	45.12	212	31.4	148	2	150	-95	55
مارس	45.04	214	27.1	127	0	127	-4	123
ابريل	45.09	212	21.9	103	0	103	62	165
مايو	45.18	210	18.4	88	0	88	137	225
يونيو	45.35	206	13.4	65	0	65	202	267
يوليو	45.56	201	12.0	60	0	60	209	269
اغسطس	45.72	197	31.7	161	0	161	76	237
سبتمبر	45.71	197	48.6	247	0	247	-60	187
اكتوبر	45.64	199	44.9	226	0	226	-87	139
نوفمبر	45.49	202	54.2	268	1	269	-224	45

ديسمبر	45.24	209	48.3	231	3	234	-223	11
الإجمالي لكل السنوات			365.2	1787	8	1795	-11	1784

جدول (108) التبخر (بالمليمترات) من صهريج طافٍ أبعاده واحد متر مربع عند شكشوك.

الشهر	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	المتوسط
يناير	81	85	81	86	79	83	76	79	81
فبراير	107	102	102	95	112	100	95	102	102
مارس	146	158	164	162	165	161	154	144	157
ابريل	214	201	191	202	208	195	202	180	199
مايو	258	268	284	257	255	248	241	252	258
يونيو	283	295	284	297	269	279	268	270	281
يوليو	288	306	289	313	296	288	276	262	290
اغسطس	284	292	290	298	267	262	260	239	274
سبتمبر	234	242	224	248	211	213	213	199	223
اكتوبر	182	179	184	185	166	163	100	150	171
نوفمبر	119	123	112	124	105	101	104	88	109
ديسمبر	68	67	68	89	83	71	70	60	72
السنة	2264	2318	2273	2356	2216	2164	2119	2025	2217

جدول (109) ملاحظات عن تبخر الماء عند العباسية بالقرب من القاهرة 1924

الشهر	متوسط التبخر اليومي بالمليمترات		النسبة
	صهريج 1م^{2}	صهريج 2م^{2}	
يناير	2.6	2.4	0.92
فبراير	3.6	3.2	0.89
مارس	4.8	4.3	0.90
ابريل	8.0	6.7	0.84
مايو	8.0	7.2	0.90
يونيو	9.2	7.7	0.84
يوليو	9.1	8.0	0.88
اغسطس	8.7	7.7	0.89
سبتمبر	7.2	6.3	0.88
اكتوبر	5.5	4.9	0.89
نوفمبر	3.6	3.0	0.83
ديسمبر	1.9	1.7	0.90
المتوسط للسنة			0.88

جدول (110) مقدار التبخر بمقارنته مع إجمالي مقادير فقدان المياه من بركة قارون 1928- 1935، وفضالة كميات المياه الزائدة أو المفقودة من البحيرة.

الشهر	متوسط التبخر من صهريج 1م، بالمليمتر	متوسط التبخر من البحيرة، مم	متوسط إجمالي المقادير المفقودة من مياه البحيرة، مم	متوسط فضالة المقادير الزائدة (+) أو الناقصة (-) من منسوب البحيرة، مم	متوسط مساحة البحيرة، كم ^{2}	متوسط فضالة المقادير الزائدة (+) أو الناقصة (-) بالمليون متر مكعب
يناير	81	65	61	+4	211	+0.8
فبراير	102	82	55	+27	212	+5.7
مارس	157	126	123	+3	214	+0.6
ابريل	199	159	165	-6	212	-1.3
مايو	258	206	225	-19	210	-4.0
يونيو	281	225	267	-42	206	-8.7
يوليو	290	232	269	-37	201	-7.4
اغسطس	274	219	237	-18	197	-3.5
سبتمبر	223	178	187	-9	197	-1.8
اكتوبر	171	137	139	-2	199	-0.4
نوفمبر	109	87	45	+42	202	+8.5
ديسمبر	72	58	11	+47	209	+9.8
السنة	2217	1774	1784	-10	206	-1.2

جدول (111) الإنتاج السمكي لبحيرة قارون

السنة	حصيلة الصيد من:				إجمالي الحصيلة	العدد التقريبي لمراكب الصيد المستخدمة[39]	متوسط حصيلة الصيد لكل مركب	عدد اسماك البوري التي أدخلت إلي البحيرة
	البلطي	سمك الفرخ النيلي	ثعبان السمك	البوري الرمادي				
	الطن	الطن	الطن	الطن			الطن	
1921	1478	63.3	1.6	----	1543	332	4.6	
1922	2646	49.5	2.4	---	2698	326	8.3	
1923	1069	36.0	1.8	---	1108	302	3.7	
1924	1527	18.5	1.8	---	1547	264	5.9	
1925	2576	19.2	5.9	---	2602	302	8.6	
1926	2560	8.7	4.5	---	2663	372	7.2	
1927	5026	9.0	4.3	---	5039	409	12.3	
1928	2521	12.2	10.3	---	2544	380	6.7	20.000
1929	475	2.0	6.0	0.2	483	240	2.0	
1930	874	33.3	6.7	0.4	917	225	4.1	
1931	1729	5.7	13.1	0.1	1750	306	5.7	126.780
1932	1569	1.3	5.6	1.1	1579	237	5.8	136.000

([39]) المتوسط الحسابي لعدد القوارب المستخدمة في ديسمبر في سنة معينة وعددها في ديسمبر في السنة السابقة لها.

1933	1861	0.4	4.3	2.8	1884	263	7.2	185.560
1934	2486	1.0	18.1	42.3	2561	238	10.8	191.000
1935	1283	0.05	6.9	341.7	1633	200	8.2	265.888
متوسط الخمس عشرة سنة	1985	17.3	6.2	----	2037	295	6.7	

جدول (112) أعلى وأدني مناسيب البحيرة ومتوسطها الحسابي خلال السنوات الخمس عشرة كلها (1921 – 1935) كما سجلتها مصلحة الأحوال الطبيعية، وكذلك أعلى وأدنى درجات ملوحة البحيرة المماثلة ومتوسطها الحسابي (بالجرامات لإجمالي المواد الصلبة المذابة لكل لتر) من ماء البحيرة، وإجمالي حصيلة الصيد من سمك الفرخ النيلي، ومتوسط حصيلة صيد البلطي لكل قارب لكل سنة كما ذُكرت في سجلات إدارة المصايد.

السنة	منسوب البحيرة بالأمتار تحت سطح البحر			ملوحة مياة البحيرة بالجرامات من الأملاح المذابة لكل لتر			إجمالي حصيلة الصيد من سمك الفرخ النيلي بالطن	متوسط حصيلة الصيد من البلطي لكل قارب بالطن
	الأعلى	الأدنى	المتوسط الحسابي	الأدنى	الأقصى	المتوسط الحسابي		
1921	44.63	45.36	45.00	18.0	22.1	20.0	63.3	4.5
1922	44.84	45.65	45.25	19.4	24.7	21.8	49.5	8.1
1923	45.10	45.81	45.46	21.3	26.3	23.7	36.0	3.6
1924	45.11	45.84	45.48	21.9	27.5	24.4	18.5	5.8
1925	44.75	45.44	45.10	20.3	24.8	22.5	19.2	8.6
1926	44.69	45.29	44.99	20.5	24.8	22.3	8.7	7.1
1927	44.54	45.40	44.95	20.2	25.6	22.5	9.0	12.3
1928	44.70	45.47	45.10	21.4	26.7	24.0	12.2	6.7
1929	44.92	45.55	45.23	23.2	27.9	25.3	2.0	2.0
1930	44.85	45.52	45.15	23.2	28.2	25.3	33.3	3.9
1931	44.92	45.80	45.37	24.1	31.3	27.4	5.7	5.7
1932	45.36	46.26	45.77	27.7	36.8	31.5	1.3	5.8
1933	45.46	46.31	45.79	29.1	38.3	32.3	0.4	7.1
1934	45.18	45.78	45.42	27.4	33.0	29.4	1.0	10.4
1935	44.72	45.29	45.02	24.7	29.1	26.9	0.05	6.4
المتوسط الحسابي لـ15 سنة	44.92	45.65	45.27	22.8	28.4	25.3	17.3	6.5

جدول (113) حصيلة الصيد السنوية للبلطي من البحيرات المختلفة خلال الفترة 1926-1931 كما سجلتها مصلحة المصائد السمكية

السنة	حصيلة صيد البلطي من:		
	بحيرة مريوط	بحيرة إدكو	بركة قارون
	الطن	الطن	الطن
1926	2410	3043	2650
1927	3090	5615	5026
1928	1182	5570	2521
1929	504	1794	475
1930	588	3570	874
1931	692	3630	1739

جدول (114) متوسط درجات حرارة الهواء عند شكشوك 1928-1935

السنة	الدرجة الطبيعية للسنوات الثمانية	الإنحرافات عن المعدل الطبيعي								متوسط الانحراف
		1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	
°م	°م	°م	°م	°م	°م	°م	°م	°م	°م	°م
يناير	12.2	+1.6	-0.8	-0.2	0.0	-0.3	0.0	-0.1	-0.2	0.4
فبراير	12.8	+0.2	-1.4	+0.3	-0.8	+0.4	+2.2	-1.5	+0.7	0.9
مارس	16.8	+0.6	-1.4	+0.2	+0.4	+0.2	+0.3	+0.3	+0.6	0.5
ابريل	20.7	+1.7	-1.3	+0.5	+0.3	-0.4	-1.9	+1.1	+0.1	0.9
مايو	25.2	+0.6	+1.8	-0.6	-0.7	-1.4	-0.6	+0.4	+0.4	0.8
يونيو	27.8	-1.0	0.0	+0.5	-0.4	-0.2	+0.8	+0.3	+0.4	0.4
يوليو	28.9	-0.5	-0.6	+0.5	+0.9	+0.9	-0.8	-0.1	-0.6	0.6
اغسطس	29.1	+0.6	+0.3	0.0	+0.8	-0.5	-0.9	0.0	-0.5	0.4
سبتمبر	27.0	+0.4	+0.5	-0.2	+0.8	+0.2	-1.6	-0.3	-0.2	0.5
اكتوبر	23.8	-0.3	-1.4	-0.3	+0.2	+1.6	-1.2	+0.6	+0.4	0.8
نوفمبر	19.3	-0.5	+0.9	-0.1	-1.0	-1.0	+1.3	+0.8	-1.3	0.8
ديسمبر	13.9	-1.4	+2.6	+2.6	-0.7	+0.5	+0.7	+0.2	-0.8	1.0
السنة	21.4	0.1+	0.3-	0.3+	0.0	0.1+	0.1--	0.1+	0.0	0.1